

ISDN 間欠 LAN 間接続における諸問題

The Problems about internetworking using ISDN on School Education Network

牧野晋・大塚秀治・久保美和子・西田光昭・林英輔

Susumu MAKINO, Hideharu OHTSUKA, Miwako KUBO, Mitsuaki NISHIDA, Eisuke HAYASHI

Makino@kiu.ad.jp, Ohtsuka@kiu.ad.jp, Kubo@kiu.ad.jp,

Mitsuaki.Nishida@kiu.ad.jp, Eisuke.Hayashi@kiu.ad.jp

(柏インターネットユニオン)

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いる。KIUでは学校教育場面で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。柏市でも学校LANのインターネットへの接続には、間欠LAN間接続の形態が多く採られてきた。これは主に接続に要する回線費用の問題から採用された形態であるが、周知のとおりISDNは従量制の料金体系である。このため接続回数や接続時間などが回線費用に大きく影響する。従って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い。本稿では千葉県柏市における実践事例から、間欠LAN間接続時における問題点について検討すると共にその解決策について議論する。

キーワード：ISDN接続、学校教育ネットワーク、インターネット、校内LAN、LAN間接続

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¹が3年間の予定で開始されており、柏地区はこのプロジェクトに地区指定された。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程度の専用線その他、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。

¹ 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。

このように、学校教育場面へも徐々に高速なネットワーク環境が整備されつつあるが、全体としてみると、主に回線経費等の問題から、インターネットとの接続にはISDN等の回線が使用されることがまだ多い。

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関する報告もある^[3]が、運用記録を元に詳細に検討した報告は少ない。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KIUの実践事例から、学校教育ネットワークにおける諸問題の中で、特に、ISDNによる間欠LAN間接続時における問題点に関して検討するとともに、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。月額に換算するとわずかに1万円強程度ということになる。プロバイダ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[4]。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[5]。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 . ISDN による間欠 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 に接続形態の概要を示す。

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²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。

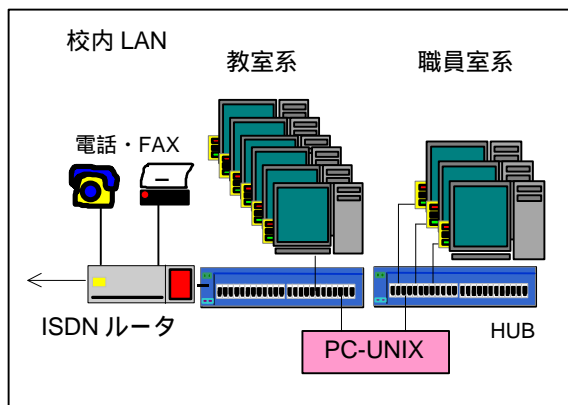


図 1 ISDN 間欠 LAN 間接続

3 . ISDN 接続における諸問題と対処方法

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「意図しない発呼」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 着呼側に課金される

- 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³。この場合、両方の primary サーバ間で定義ファイルの同期を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。学校内に設置される機器には、ここに登録された名前を設定する必要がある。

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が、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、UNIX に実装されている tcpdump コマンド等によるパケット監視、ネ

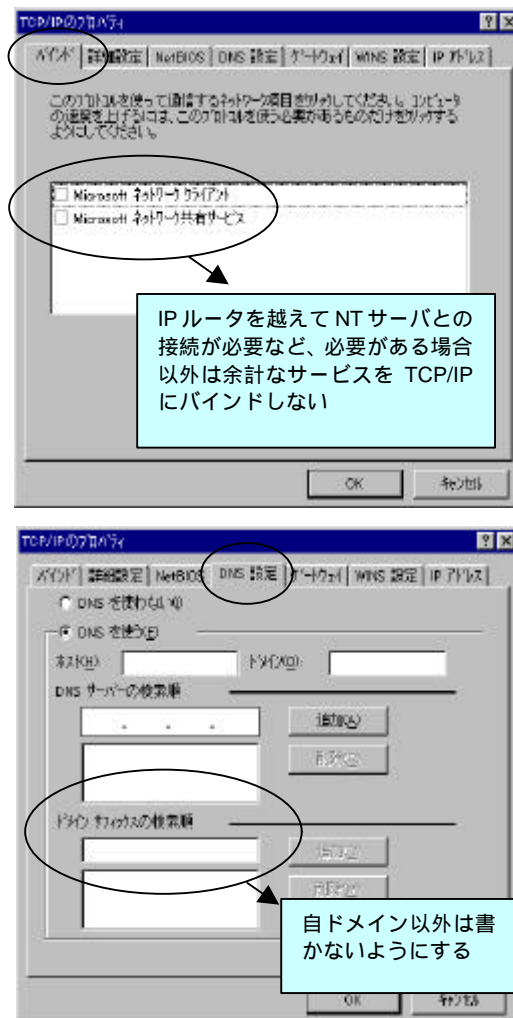


図2 Windows の TCP/IP 設定時の注意

³ PC-UNIX（現在は FreeBSD 3.2R）で構築。

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 コマンド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なを調べることで解決できる。

今後、XML 等を用いたプッシュテクノロジーが一般的になる可能性もあり^[6]、ISDN による間欠接続を行っている場合に問題となる可能性もある。

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ります。このような場合、自宅で利用している ISP のサーバ類（DNS サーバ、メールサーバや POP サーバ等）の設定をそのままにしておく、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、接続時に RADIUS によるユーザ認証が介在することになる。RADIUS では、ユーザ名（組織名）、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た。図 3 はメールで送信される日時ログの事

例である⁴。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⁵、(11)IN 転送量、(12)OUT 転送量を示す。

```
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=1125658 OUT=14606857

(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 1 976 922
XXXX-js 69 1998/9/17 08:37:24 Thu 1998/9/17 08:39:24 Thu 120 1 979 922
XXXX-js 73 1998/9/17 08:52:24 Thu 1998/9/17 08:54:24 Thu 120 1 979 922
XXXX-js 78 1998/9/17 09:07:23 Thu 1998/9/17 09:09:24 Thu 121 1 979 922
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 1 979 922
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 1 979 922
XXXX-js 96 1998/9/17 10:22:23 Thu 1998/9/17 10:24:23 Thu 120 1 974 922
XXXX-js 102 1998/9/17 10:37:23 Thu 1998/9/17 10:39:23 Thu 120 1 979 922
XXXX-js 104 1998/9/17 10:52:23 Thu 1998/9/17 10:54:23 Thu 120 1 979 922
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 1 979 922
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=1125658 OUT=14606857
```

図 3 メールによる日時ログ

この事例を観察すると、開始時刻がほぼ一定に 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。タイムアウト時間は、トラフィックがなくなってから接続が切れるまでの時間である。この時間をあまり短くすると、頻りに再接続が発生することになり、回線費用に影響する。一方、長すぎた場合には、利用を伴わない無駄な接続が生じることになり、これも料金に反映されてしまう。適切なタイムアウト時間を選定することは難しいが、KIU では、現在、経験的にこの値を 150 秒に設定している。

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、口

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

⁵ 接続時間を 3 分毎にまとめた値。これに市内通話料金（10 円）をかけることで、一回あたりの接続にかかった回線使用料を割り出すことができる。

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回数」というパターンが認められる。

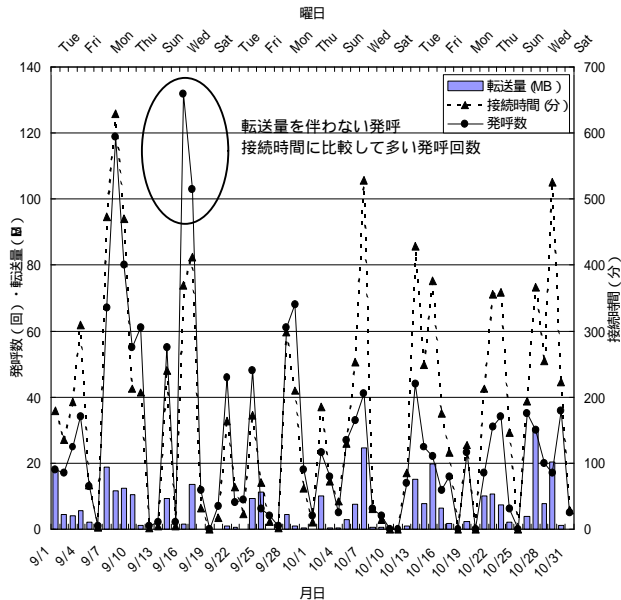


図 4 典型的な異常発呼パターン

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ただか 128Kbps まで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ことになる。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であろうし、場合によっては、授業時間中ずっと接続されているようなケースもあり得る。これはそのまま通信コストに跳ね返ることになる。

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。KIU 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ので、運用状況を考慮しながらキャッシュの範囲を設定する必要がある。

しかしながら、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 [7]。

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認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 側又は KIU に専用線接続された市立高校内のサーバ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、メールアカウント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。

4 . まとめ

千葉県柏市における実践事例から、ISDN 間欠 LAN 間接続を行った場合の問題点について報告した。導入前に試算される経費が専用線に比べて安いと感じられる ISDN 接続であるが、運用を誤ると意図しない発呼によって膨大な回線費用が発生する可能性もある。

ISDN の間欠接続方式では、運用に細心の

注意を払う必要があると同時に、運用に当たっては一定の技術レベルが要求される。

トラブルを防ぐために、毎日のログを詳細に観察することはなかなか骨が折れる仕事であるし、仮にログの監視を正しく行っていたとしても、意図しない発呼が発生した場合に、その原因を特定し、問題を解決することは困難である。トータルな運用コストの削減を考えた場合には、常時接続型のサービスの利用が望ましいと考えられる。柏市では、保守費の中に回線費用を盛り込むという形で、DA64を用いた専用線形態への移行が進んでいる。

しかし、最近では昼間帯も利用できる料金プラン⁶やインターネット利用をターゲットとした ISDN 定額料金試験サービス⁷なども始まっており、全国的にみると、ISDN を利用した学校の接続はしばらく続くと思われる。

だが、この形態は運用コストを含めたトータルでのコストが、常時接続に比較して大きくなる場合もあることを報告した。かつ、本格的な利用に向けては ISDN では帯域的に容量不足である。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。

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。KIU では、セキュリティを考慮した学校 LAN のプロトタイプとして、校内 LAN を職員室系と教室系に分割する方式での実験を行っているが、PC-UNIX 機はこうした構成をとる場合のルータにも実用可能である[8]。また、校内に UNIX 機を置くことで、各種サーバの他、異常発呼の原因を特定するための監視装置としてなど、この UNIX マシンを多機能システムとして利用可能することが可能となる。学校環境の中に UNIX を導入しようとする、主に管理面の問題から敬遠される場合もあるが、遠隔からのメンテナンス等も考慮すると、NT サーバよりもむしろ扱いやすい場合もある。用途に

応じて適切に配置すれば、導入することの効果は大きいと思われる。

いずれにせよ、今後、学校教育場面へのネットワーク導入は確実に広まるであろう。教育用ネットワークの構築・運用・管理に関する検討事項はまだ多い。問題点を整理しながら、引き続き運用技術の蓄積に努めたい。

参考文献

- [1] E スクエアホームページ
<http://www.edu.ipa.go.jp/E-square/>
- [2] 文部省報道発表一覧
<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] 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）。
- [5] 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，pp.14-19（Jan. 2000）。
- [6] 梅津彰能：情報教育におけるプッシュ配信技術利用の可能性 - プッシュテクノロジと XLM の可能性 - ，第 10 回 KIU インターネット教育研究フォーラム 2000（Jan. 2000）。
- [7] 牧野晋・大塚秀治・窪田浩実・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）。
- [8] 岡田公洋：PC-UNIX による校内ネットワークの分割方式 - 専用ルータとの性能比較 - ，第 10 回 KIU インターネット教育研究フォーラム 2000（Jan. 2000）。
- [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会講演論文集，pp.163-166（1999）。
- [10] 牧野晋・大塚秀治・林英輔：学校教育ネットワーク運用における諸問題，情報処理学会分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2000 発表原稿（Feb. 2000）。（印刷中）

（注）

本稿は、参考文献 [10] に示した論文を加筆、訂正したものである。

⁶ i・アイプラン。月額 1,200 円で 3,000 円分、3,000 円で 7,500 円分まで定額料金。

⁷ IP 接続サービス（仮称）。基本使用料を除き、月額 8,000 円。新宿区、渋谷区、大田区で試験サービスが開始されている。

<http://www.ntt-east.co.jp/ISDN/> 参照。