

X ウィンドウシステムを用いた教育支援システム

川田敏則[†]

味岡義明

豊田工業大学工学部

従来の黒板を中心とした教育現場では黒板から離れている受講生には黒板が見え難い。また、先生にとってコマンドの入力方法などを板書することも相当の負担となっている。そこで本研究では、X ウィンドウシステムの特徴を生かした疑似サーバ方式を取り入れた教育支援システムを試作し、一般的なネットワーク上に教育支援システムを構築する場合の有効性および問題点を検討する。本研究の結果として、テキストデータを60人の受講者の共通ウィンドウに表示するならば、既存のX ウィンドウシステムを用いて授業効率を向上させる教育支援システムが構築できることが判った。

Education support system by using X Window System

Toshinori KAWADA and Yoshiaki AJIOKA

Faculty of Engineering, Toyota Technological Institute

In education environment using a blackboard, it is sometimes difficult that some students far from the blackboard can see some hand-writing strings, and it is also very heavy for some teachers to write how to input commands on the blackboard. In this study, we produce an education support system using a pseudo server method of X Window System, and examine validity and problems in constructing education support systems on general networks. The result is that some effective education support systems can be constructed by the present X Window System when text data are displayed on common windows of 60 students.

[†]現在、日立エンジニアリング株式会社勤務

1 はじめに

近年の UNIX ワークステーション (以下 WS) の高性能化と低価格化に伴い、大学や企業などで X ウィンドウシステムを装備した WS が普及してきた。そこでこの WS を有効活用するためには、誰もが WS を使用できることが求められるようになり、そのための情報教育が不可欠となりつつある。しかし、従来の黒板を中心とした教育現場などでは大勢の人が受講するため、黒板から離れている受講生には黒板が見え難い場合が多い。また、先生にとってコマンドの入力方法などを板書することも相当の負担となっている。

そこで本研究では、X ウィンドウシステムを用いたウィンドウ共有による教育支援システムを試作し、一般的なネットワーク上に教育支援システムを構築する場合の有効性および問題点を明確にすることを目的とする。

2 現状の教育支援システム

現在 X ウィンドウシステムを用いた教育支援システムの研究は、表 1 に示すように宮崎大学^[1]、九州工業大学^{[2][3][4]}、日本大学^[5]などで行なわれている。これら研究の共通点は、共通ウィンドウを用いて受講者の WS に教育内容を表示することである。しかし、宮崎大学、九州工業大学のシステムの共通ウィンドウには、それぞれ固有のアプリケーションしか表示できない。一方、日本大学では X ウィンドウシステムの特徴を生かした疑似サーバ方式^[6]を採用することにより、さまざまな授業で利用するアプリケーションを選択できるようになっている。疑似サーバ方式とは、クライアントを一切改造することなく図 1 に示すようにクライアントとサーバの間に入って、クライアントからのリクエストを複数のサーバに伝え、逆に複数のサーバからの入力イベントをクライアントに伝える

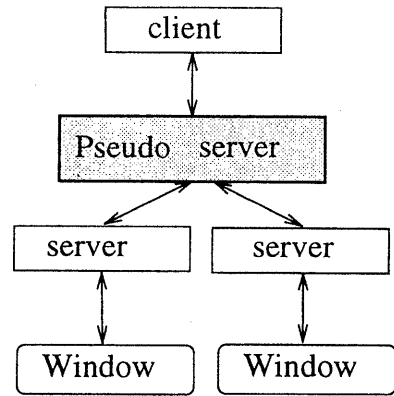


図 1. 疑似サーバ方式

方式である。

ところで、実際の教育現場などでは UNIX のコマンドや、キーボード入力を中心としたワープロなどの利用方法を教えている場合が多いので、最低限キャラクタ端末が利用できればよいと考えられる。そこで、既存のキャラクタ端末ソフトである kterm^[7]と疑似サーバ方式を組合せたシステムをターゲットとするのが妥当と考えられる。さらにワープロなどを使う場合には、今入力すべきキーや特殊キーなどを言葉で話すだけでなく視覚的に教えられれば、より効果的であると推測される。そこで疑似サーバにキー入力を視覚的に知らせる機能を実現させた場合の効果を調べることにする。また、他の大学のコンピュータを利用する授業の受講者人数を調査した結果、40~120名であったので受講者人数を約 100 名と想定する。

以上述べた事を考慮して、本研究で作るシステムの基本構想を表 1 に示す。そして、これらの機能が教育支援システムに有効であるのかを確認する。

表 1. 各研究の機能比較

比較項目	宮崎大学	九州工業大学	日本大学	本システム(豊田工大)
共通ウィンドウの内容	先生の使用するエディタ	先生の使用するターミナルウィンドウ	先生の使用するすべてのアプリケーション	先生、受講者の使用するターミナルウィンドウ
システム構成	集中方式	階層方式	疑似サーバ方式	疑似サーバ方式
共通ウィンドウへの受講者入力	一人だけが入力できる(排他制御)	できない	一人だけが入力できる(排他制御)	一人だけが入力できる(排他制御)
先生と受講者間の対話性	双方向	単方向(先生から受講者へ)	双方向	双方向
キー操作の伝達	ない	ない	ない	視覚的に伝達できる
受講者人数の想定	約 40 名	80~90 名	約 60 名	約 100 名
開発状況	開発中	完了	開発中	基本構想および試作

表 2. 試作システムの教育支援機能

区分	機能
一斉授業形	<ul style="list-style-type: none"> 先生と受講者の WS に共通ウィンドウを表示する機能 先生が共通ウィンドウを利用しコマンド、エディタ等の使用方法をリアルタイムにすべての受講者に教えることができる機能 共通ウィンドウにキーボードとマウスの絵を表示しキーボード、マウス操作を受講者に視覚的に伝達する機能 共通ウィンドウに誰が入力しているのか、共通ウィンドウの提供者は誰なのかを表示する機能
個別授業形	<ul style="list-style-type: none"> 先生と受講者の WS に個人ウィンドウを表示する機能 ある受講者の個人ウィンドウの表示内容を共通ウィンドウに描画でき、先生が特定の受講者を個人ウィンドウから指導できる機能 共通ウィンドウに質問ボタンを設け、受講者が質問ボタンをクリックしたら先生に知らせる機能

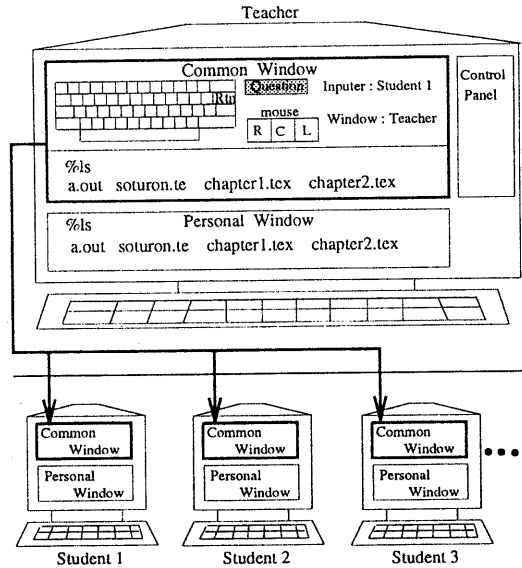


図 2. システム概要

3 本システムの内容

3.1 システム概要

一般の授業でよく用いられている授業形態には、一斉授業形^[8]と個別授業形^[8]がある。一斉授業形とは従来の黒板を利用した 1 対 n の講義形式であり、個別授業形とは 1 対 1 の個別指導を行なうような教育形式である。本システムでは、これらの授業形態を実現できるように表 2 に示すような教育支援機能を装備し、先生と受講者双方の WS 上に共通ウィンドウ（一斉授業形に使用）および個人ウィンドウ（個別授業形に使用）を表示するようにした（図 2 参照）。また、システム構成は図 3 に示すように本研究で試作する疑似サーバである XED と、各 XED を制御する XED-C より構成されている。個別授業形を取り入れた理由は、コマンドの使用方法やプログラム言語を教えるのに、個別指導が有効であると考えられるからである。なお、本論文では共通ウィンドウ提供者という言葉を用いる。共通ウィンドウ提供者とは、個人ウィンドウの表示内容共通ウィンドウの表示内容が同じになる人である。図 2 の場合には共通ウィンドウ提供者は先生となるが、システムを対称構造にすることにより受講者も共通ウィンドウ提供者となる。

3.2 一斉授業形を実現する機能

一斉授業形では、先生の個人ウィンドウの内容を共通ウィンドウに表示させる機能を利用して授業を進

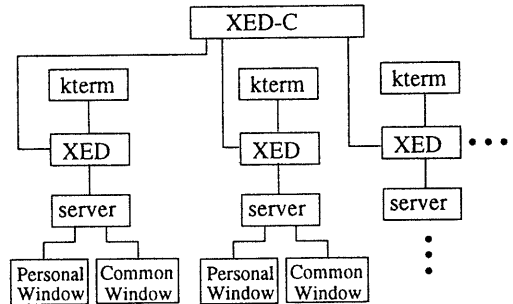


図 3. システム構成

める。この機能は、先生が受講者にコマンドなどの使用方法を教える場合に役に立つと考えられる。先生の共通ウィンドウから入力されたコマンド (ls コマンド) は、図 4 に示すように一文字ずつ X プロトコルのイベント^[9]として、A ルートを通りこのとき、XED が kterm へ渡るイベントと同一のものを B ルートで XED-C に転送する。そして XED-C は、共通ウィンドウにあるキーボードの絵に入力された文字を表示するためのデータを C ルートで分配し、各 XED が入力された文字をキーボードの絵に表示する。次にコマンドの実行結果は、図 5 に示すように A, B, C のルートを通りすべての共通ウィンドウにリアルタ

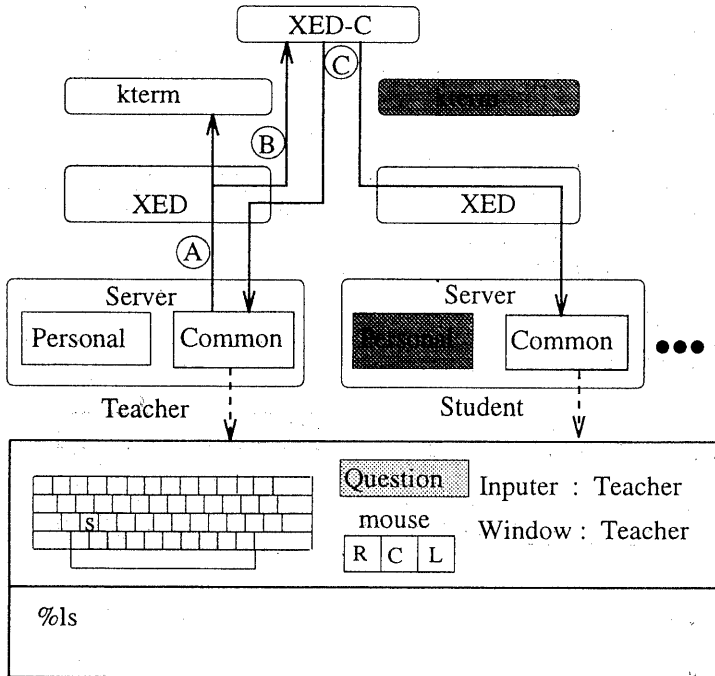


図 4. 共通ウィンドウに入力する場合の処理フロー 1

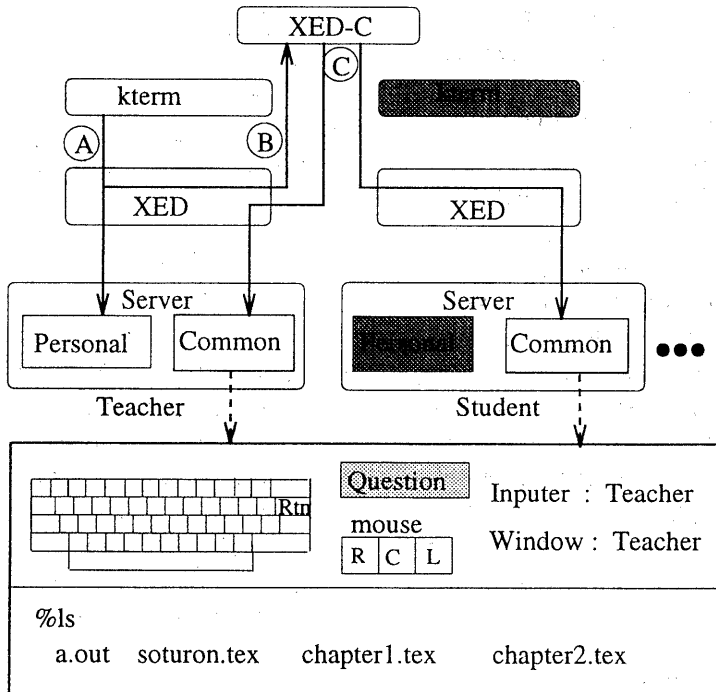


図 5. 共通ウィンドウに入力する場合の処理フロー 2

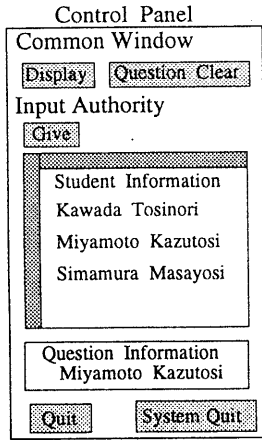


図 6. コントロールパネル

ィムに表示される。このように共通ウィンドウを表示する場合、共通ウィンドウ提供者の XED から一度 XED-C ヘルクエスト^[9]が渡り、XED-C がすべての XED にリクエストを分配する。

3.3 個別授業形を実現する機能

個別授業形では、特定の受講者の個人ウィンドウの内容を共通ウィンドウに表示させ(共通ウィンドウ提供者を受講者にする)、共通ウィンドウを通じて先生と特定の受講者が対話する機能によって指導を行なう。受講者は先生に質問をしたいとき、共通ウィンドウにある質問ボタンをクリックすることで先生に質問したいという意思を知らせ、先生が共通ウィンドウ提供者を受講者にすることによって個別指導が行なえるようになる。共通ウィンドウ提供者を受講者にするには図 6 に示すコントロールパネルの質問者または受講者名をマウスでクリックした後、Display ボタンをクリックすることにより共通ウィンドウ提供者を変更することができる。

4 結果と考察

4.1 試作結果

本システムを試作した結果、UNIX をベースに教育支援システムを構築する場合、受講者の数を 60 名以上にするためには、疑似サーバ方式に加えて階層方式を導入する必要があることが判った。これは、プロセス間通信をするためのソケットが最大 65 個しか使

用できないためである。試作システムは時間の都合上、階層方式を導入できなかったため 60 名までしか対応していない。また、カラーやモノクロなどといったサーバの性能の差異を吸収できなかったため、先生と受講者が同一機種のサーバを使用するという制約が残った。

4.2 教育支援システムを構築する場合の問題点

本システムでは図 5 に示すような構成で共通ウィンドウに表示するデータを転送している。先生と受講者の XED は XED-C にバークレー版ソケット^[10]を用いて接続されているので、下記に示す事項が教育支援システムを構築する上で問題になる。

- バークレー版ソケットを用いる場合 1 つのプロセスではソケットを最大 65 個までしか使用できないので、受講者の人数が最大 60 名になる。
- 共通ウィンドウに表示するデータは、XED-C が順番に XED に転送するので表示速度が遅くなる。

一方、X ウィンドウシステムを用いてウィンドウ共有による教育支援システムを開発する場合、以下の事項が重要なポイントであると同時に本研究でサーバの性能の差異を吸収できなかった原因でもある。

- 受講者に共通ウィンドウの入力権を与える場合、サーバのメーカごとにキーコード^[11]が異なる場合があり、キーシム^[11]を利用してこのキーコードを共通ウィンドウの提供者のクライアントが使用しているキーコードに変換しなければならない。
- 共通ウィンドウに作画する場合、単一のサーバ単位にだけしか資源が有効でないため、資源識別子の管理が必要となる。

以上述べたことが、本研究でウィンドウ共有による教育支援システムを試作して判った事である。

4.3 テキストデータ表示時間の測定

ウィンドウ共有による教育支援システムでは、受講者の共通ウィンドウに教育内容を表示する時間が問題になる。そこで、本システムを使用して共通ウィンドウに教育内容を表示するのに要する時間を以下の方法で測定した。

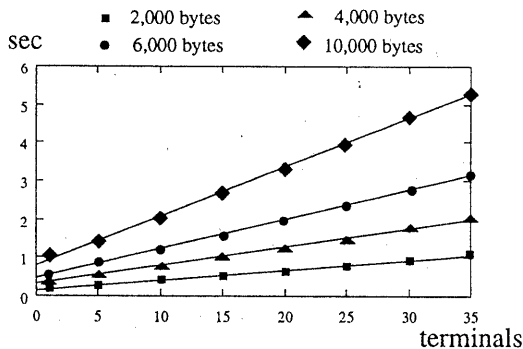


図 7. X 端末台数と共通ウィンドウ表示時間の関係

- 測定内容

残念ながら本学計算センターには 38 台の X 端末しかないで、これらの X 端末へ 2,000, 4,000, 6,000, 10,000[bytes] のテキストを cat コマンドを用いて表示する時間を 10 回測定し、その平均値をグラフにプロットした。

- 表示時間測定方法

XED-C で表示データの始めと終りで、ftime 関数を使用し表示時間を算出した。

- 測定マシン

FUJITSU S-4/IP

- X 端末

SONY Tektronix XP11

測定結果を図 7 に示す。これらのグラフは、X 端末台数が多くなるとテキスト表示時間も増加する特徴がみられる。この原因は XED-C が順番に描画データを XED に分配するためである。

そこで次に、60 名の受講者の共通ウィンドウに一画面分 (2,000 bytes) のテキストを表示するために掛かる時間を算出することにした。まず、図 7 より総転送容量とテキスト表示時間の増加分の関係を図 8 のように求めた。受講者 60 名の X 端末に 2,000bytes のテキストを表示する場合、総転送容量は 120,000bytes であり図 8 の A ポイントに当たる。図 8 では総転送容量 350,000bytes まで線形であるので、図 7 の 2,000 バイトの回帰直線は端末数 175 台までつづくと推定される。従って、その回帰直線に X 端末台数 60 を代

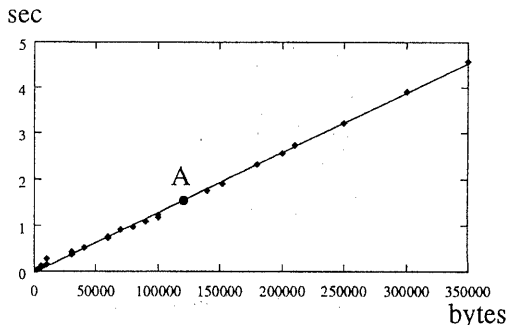


図 8. 総転送容量とテキスト表示時間の増加分の関係

入し 1.67sec という値を得た。この値は教育支援システムでは実用的な範囲内であると考えられる。

4.4 X ウィンドウシステムの制約

試作したシステムでは、XED-C が先生と受講者の XED へ同一の表示データを転送する。そして各 XED が、X ウィンドウシステムの資源識別子であるウィンドウ ID、GC ID などを変換することで共通ウィンドウが表示される。

そこで、UNIX ではネットワーク上のすべてのホストに向けて同一のデータを送る機能としてブロードキャスト^[10]という機能がある。ブロードキャストは一回の sendto 命令でネットワーク上のすべてのホストに向けてデータを送ることができるが、信頼性が保証されていない。実際にブロードキャストを利用してデータを転送する動作試験を行なったが、データの欠落現象が発生した。そこで X ウィンドウシステムを用いて、大量の同一描画データを疑似サーバを介してサーバに転送する場合は、描画データを疑似サーバへ順次分配しなければならぬ。それ故大量の描画データを要する、リアルタイム性の必要な図形処理やビットマップを用いた図形などを共通ウィンドウに描画するような教育支援システムには適していないといえる。例えば、xinvaders というリアルタイムゲームでは 1 秒間に約 18,000bytes の描画データを X サーバに転送する。本システムで 18,000bytes 描画データを 60 名の受講者の共通ウィンドウに表示するためには 14 秒以上必要であり、受講者に多大の待ち時間を与えるからである。(なお、ブロードキャストの情報の欠落現象については、参考文献 [4] および [12] でも

報告されている) 一方, ブロードキャストと同様に一回の送信命令でネットワーク上の特定のホストに同一のデータ送ることのできるマルチキャスト機能^[13]という機能がある。しかし, 本学の計算センタの WS はマルチキャスト機能を使用できないため動作試験を行なうことができなかつた。このマルチキャスト機能でデータの信頼性が保証されるなら, 前述したシステム構築時の問題点が改善されると考えられる。

4.5 本システムの教育支援機能評価

本システムの教育支援機能を評価するため, 本学の学部生 50 人に模擬的な授業形式で本システムを使用し, アンケート調査を行なった結果, 下記に示すことが判った。

1. 先生が共通ウィンドウを利用し, 受講者にコマンドやエディタなどの使用方法を教える機能。

- 受講者は共通ウィンドウ方式の方が黒板形式よりも理解しやすい。(84%)

理由:

- ・コマンドの実行結果が, あたかも自分が実行したようにリアルタイムで自分の WS で見られる。
- ・黒板から離れていてもコマンドの入力方法, 出力結果が明確に見える。

2. 共通ウィンドウにキーボードの絵を表示し, キーの入力操作を受講者に伝達する機能。

- コントロールキーやエスケープなどの特殊キーを使う場合は役に立つ。(86%)

理由:

- ・コントロールキー, エスケープキーなどの位置が判り易い。
- ・「コントロール + a」などの入力順序が判り易い。

- 英数字の場合は役に立たない(34%)

理由:

- ・英数字の場合はキーの位置が絵を見なくても判る。

3. 共通ウィンドウにマウスの絵を表示し, マウスのクリック操作を受講者に伝達する機能。

- カット&ペーストを教えられるとき, マウスの絵は役に立つ。(76%)

理由:

- ・マウスボタンの押す順序が判り易い。

- カット&ペーストを教えられるとき, マウスの絵は役に立たない。(24%)

理由:

- ・マウスポインタが移動しないから, どこをクリックしたか判らない。
- ・マウスのボタンは 3 つしかないで口でいえば判る。

4. ある特定の受講者が共通ウィンドウで先生から指導できる機能。

- 他人が共通ウィンドウで指導されている内容を見る機能は役に立つ。(96%)

理由

- ・自分も同じことが判らない場合があるから。

5. 共通ウィンドウに質問ボタンを設け, 先生に知らせる機能。

- 先生に質問を行なう場合, 質問ボタンを押した方が手を上げるよりも質問しやすい。(78%)

理由

- ・教室がざわめいていても, すぐに先生に気付いてもらえる。
- ・性格的に手を上げるのに抵抗があるから。

上記の調査結果から, 試作システムで実現した教育支援機能の中で, 英数字キーおよびマウスの入力操作を受講者に伝達する機能については, 改善の余地があることがいえる。しかし, 他の機能については教育支援システムに必要な不可欠であるということが明確に判った。

5 おわりに

本研究では教育支援システムにはどのような機能が必要かを明らかにし, 他の研究例にはない共通ウィンドウへの受講者個人ウィンドウの表示機能が実現できた。さらに, 実現方法として X ウィンドウシステムを用いてウィンドウ共有による教育支援システムを開発する場合, 受講者が 60 名, テキストデータのみを扱うのであれば, 先生と受講者の WS に共通ウィンドウを表示し, 先生と受講者の両方に入力権を

与えるような教育支援システムを開発できることが判った。

以上述べてきた本研究の内容は、今後新たに X ウィンドウシステムを用いて教育支援システムを開発する場合の貴重な参考データになるであろう。

最後に、本研究の今後の課題として下記に示す事項がある。

1. 試作システムの構成を階層型疑似サーバ方式に拡張し、60 名以上の受講者数でも対応可能にする。
2. 先生と受講者の使用するサーバが異機種でも対応可能にする。

今後上記の課題の改善を図り、さらに教育支援機能を充実させ授業効率を向上できる機能の研究を行なう必要があると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重な御助言を頂いた本研究室の北川一教授、中川徹助教授、村上勝彦助手、一柳勝義氏に感謝致します。

参考文献

- [1] 北添徹郎, 米山俊昭, 田伏正桂: 「ウィンドウ共有化による教育支援システムの開発」, 情報処理学会第 47 回全国大会, Vol. 1, pp.131-132, 1993.
- [2] 山之上卓, 藤木健士: 「並列プログラミングの電子黒板への応用」, 情報処理学会第 47 回全国大会, Vol. 1, pp.15-16, 1993.
- [3] 山之上卓, 藤木健士: 「多数の X 端末を用いた授業支援システムの設計」, 国立大学情報処理教育センター協議会 平成 5 年度第 17 回情報処理に関する研究会講演論文集, pp23-30, 1993.
- [4] 藤木健士, 山之上卓: 「教育支援システム 電子黒板の実現」, 平成 5 年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp329-332, 1993.
- [5] 猪井一代, 荒関仁志: 「グループウェアによる授業支援システム」, 情報処理学会第 47 回全国大会, Vol. 1, pp.17-16, 1993.
- [6] 渡部 勇, 神田 陽治: 「ユーザインタフェース大作戦グループウェア実体験」, bit, No.307, 1992.
- [7] 松田晃一: 「基礎から応用まで X ウィンドウ実践技術講座」, 株式会社ソフト・リサーチ・センター, 1992.
- [8] 藤田広一: 「教育情報工学概論」, 昭見堂, 1974.
- [9] Adrian Nye 著 石川和也訳: 「X プロトコルリファレンス. マニュアル」, ソフトバンク株式会社, 1993.
- [10] W.Richard Stevens 著 篠田 陽一訳: 「UNIX ネットワークプログラミング」, 株式会社トッパン, 1992.
- [11] Adrian Nye 著 坂下秀, 荒井美千子, 西垣内昌喜, 藤井裕史監訳: 「X lib プログラミング. マニュアル」, ソフトバンク株式会社, 1993.
- [12] 矢吹道朗, 楠野真: 「UDP における通信のユーザレベルにおけるデータ通信時間と紛失頻度の測定」, 情報処理学会第 47 回全国大会, Vol. 1, pp.199-200, 1993.
- [13] 増月孝信: 「最新 UNIX OS Solaris 2.2 技術解説」, ソフト・リサーチ・センター, 1993.