

教育支援システム SOLAR-CATS の 静止画放送機能と授業への応用

山之上 卓[†]

教育支援システム SOLAR-CATS に静止画転送機能を組み込み込んだ。学生数が 50 人程度の授業や 6 人程度の研究室ゼミや会議で試用している。静止画転送機能を組み込んだことにより従来の SOLAR-CATS と比較して講義がやりやすくなり、研究室ゼミも円滑に行えるようになった。

A Still Image Broadcasting Function of the Computer Assisted Teaching System SOLAR-CATS and its Application to Classes

TAKASHI YAMANOE[†]

A still image broadcasting function which is embedded in a computer-assisted teaching system, SOLAR-CATS, is presented. The function is used for classes such like a computer literacy class with fifty students, a seminar with six students and a meeting. This function helps the teacher having better classes than before.

1. はじめに

小中学校、高校、大学の教育現場では、多数のコンピュータ端末で構成された分散システムを持ったコンピュータ端末教室が一般的に設置されており、この分散システムを有効に利用した様々な教育支援システムも開発されている。このなかで、教師端末の画像を、学生端末に一斉に表示する機能を持った教育支援システムは、歴史も古く、最もよく利用されているものの一つである。

この種の教育支援システムには、教師端末のディスプレイに入る信号を、専用の配線を使って学生端末のディスプレイに配信するタイプのものと、コンピュータネットワークを使って、教師端末の画像や操作を学生端末に配信し、表示するタイプのものがある。専用配線を使うタイプのものは、信頼性が高く性能も良いが、分配器の設置や配線工事などが必要となるので、導入コストが高くなり、端末の入れ替えや教室のレイアウト変更があった場合などに対応することが難しくなる。コンピュータネットワークを使ったものは、導入コストは低くできるが、市販されているものの多くは、特定の機種やOS を対象にしており、また、サブネ

ットをまたいで利用できるものは少ない。また、遠隔地にある端末教室同士をインターネットで接続して授業を行おうとする場合、それぞれの教室のネットワークはファイヤーウォールで防御されている場合も多く、遠隔地にいる教師と学生が同期した端末を使った授業を行うことを難しくしている。また、これらのソフトウェアの多くは、使用する端末教室に応じてカスタマイズが必要となることが多く、気軽にインストールして使うことが難しい。

本論文は、後者のタイプであるが、教師から学生への一方向送信だけでなく、グループ内で操作を共有することにより、共同作業も行うことができる教育支援システム SOLAR-CATS[文献 8)11)] の新しい機能とその利用経験について示す。

SOLAR-CATS はファイヤーウォールで隔てられた遠隔地にある教室の端末同士を接続する機能も持っている。プラットフォーム独立であり、異なったOS が混在した環境でも利用できる。サーバに多数のネットワーク端末を接続したような分散システムでも利用することができる。1つの端末教室で、複数のグループを作成し、それぞれのグループで独立して利用することができる。講義やゼミや会議で参加者がノートパソコンを持ってネットワークが利用できる場所に集まれば、比較的簡単な設定で利用することができる。端末で行われる操作の記録と再生を行うこともできる。

[†] 鹿児島大学 学術情報基盤センター
Computing and Communications Center, Kagoshima University

今回、SOLAR-CATS に、参加者の一人のパソコンの画面（静止画）を、他の参加者の画面に一齐に放送する機能を付加した。この報告書では、SOLAR-CATS の静止画放送機能と、それを利用した講義、ゼミ、会議における利用経験について述べる。

2. SOLAR-CATS の概要

SOLAR-CATS は、お絵かきプログラム、テキストエディタ、Web ブラウザ、簡単なプログラミング言語のプログラミング環境、教育用日本語プログラミング環境 (PEN) 英作文支援システムなどのアプリケーションを備えた一種のWISIWYS(What I See Is What You See) システムである。SOLAR-CATS は

- グループに参加している教師のアプリケーション操作を学生端末上で、実時間で表示する
- 教師や学生が独立してアプリケーションを操作する
- グループに参加している教師や学生がクラス内でアプリケーション操作を共有することにより、共同作業を行う
- それぞれの端末において、アプリケーション操作の記録と再生を行う
- ファイヤーウォールで隔てられた端末教室の端末を接続して、1つのグループを作り、その中で操作の共有を行う

などの機能を持つ。JAVA で開発しているため、プラットフォーム独立であり、様々なOS が混在した環境でも利用できる。Xwindow 端末や、Windows Terminal Edition を使ったシステムのように、1つのコンピュータを複数の端末で共有する場合でも利用できる。

画像のような大きなデータを短時間で多数の端末に信頼性をもって送信するために P2P 技術を利用している。通常の LAN で使われているネットワークスイッチを使った場合、端末数の対数の時間に比例した遅延で一箇所からグループ内のすべての端末にそのデータを転送することができる。

グループ内で1つの操作を共有し、なおかつグループ内の誰でもその操作を可能とするためには、グループ内のメンバーが勝手に独自の操作を行うことがないよう、排他制御が必要になる。SOLAR-CATS は排他制御の機構も持っている。

SOLAR-CATS は「教師ノードシステム(teacher's node system)」、「学生ノードシステム(student's node system)」、「グループマネージャ(group manager)」の3種類のプログラムで構成されている。図1と図2に SOLAR-CATS と各ノードシステムの構成を示す。

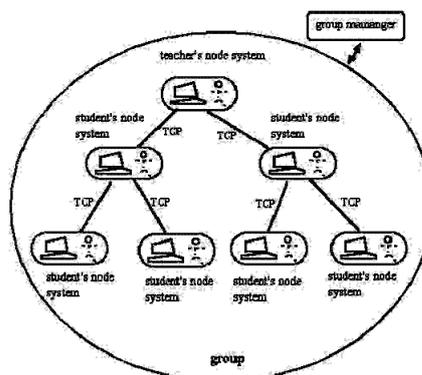


図 1. SOLAR-CATS の構成

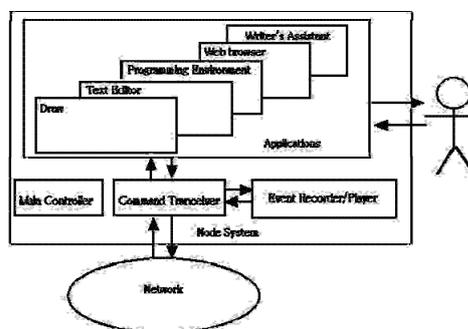


図 2. ノードシステムの構成

3. 静止画放送機能

3.1 静止画放送機能の目的

従来の SOLAR-CATS は、グループ内で、様々な応用プログラムの操作の共有と記録を行うことを中心に開発していた。ところが実際に授業を行う場合は、パワーポイントで作成された資料や Web ページに掲載された資料を提示する機会が多い。SOLAR-CATS は簡単な Web ブラウザを持っているが、ページによってはマイクロソフトのインターネットエクスプローラなどの一般的なブラウザで表示した場合と異なる場合がある。パワーポイントの操作共有もまだ実装していない。

この問題を解決するため、パソコン上の画面（静止画）を取得し、これをグループ内のすべての端末に放送する機能を加えた。この機能により、SOLAR-CATS が備えていない任意の応用プログラムの画面をグループ内で共有できるようになった。この静止画放送機能は、SOLAR-CATS のお絵かきソフトの機能の一部として組み込んだ。このことにより、画面を送信した後、その画面の上にマウスカーソルを移動させて指示した

り画面の上に注釈を書き込んだりすることができる。SOLAR-CATS は操作の記録・再生を行うことができるが、静止画放送機能についても記録・再生を行うことができる。

3.2 静止画放送機能の操作手順

以下の手順で SOLAR-CATS のグループを構成し、静止画をグループ内に放送することができる。

1. SOLAR-CATS のグループの構成

- (ア) 教師が教師端末でグループマネージャを起動する。
- (イ) 教師が教師ノードシステムを起動し、グループ管理ホストにグループマネージャを起動したホスト(教師端末)の名前または IP アドレスを入力し、グループ参加ボタンをクリックする。
- (ウ) 学生は各自の端末で学生ノードシステムを起動し、グループ管理ホストに教師端末の名前または IP アドレスを入力し、グループ参加ボタンをクリックする。以上で SOLAR-CATS の参加者グループが構成される。

2. 静止画の放送

- (ア) 教師がノードシステムの応用プログラム選択ボタンで「お絵かき」を選び、起動する。

これにより、学生側端末でもお絵かきプログラムが起動される。

- (イ) お絵かきプログラムを、学生に見せたい画像にかぶせ、「img」ボタンをクリックすることにより、お絵かきプログラムのウィンドウの背後にある画像がお絵かきプログラムに取り込まれ、その画像がグループ参加者のお絵かきプログラム上に表示される。

図 3 は教師端末でお絵かきプログラムの「img」ボタンをクリックし、その背後の画面がお絵かきプログラムに取り込まれた状態を示す。ここで赤いで囲んだボタンが「img」ボタンである。図 4 は端末教室で SOLAR-CATS の静止画放送機能を使っている様子を表す。図 5 は送信した画像の上で絵を書いている様子を表す。図 6 は同じ端末教室で、複数のグループが異なる画面を共有している様子を表す。

3.3 静止画放送の高速化

静止画放送機能を使って授業を円滑に行うには、放送に必要な時間ができるだけ短いほうが良い。最初にこの機能を SOLAR-CATS に加えたとき、選択された画面が全ての端末で表示されるのに 10 秒程度かかっていた。この時間を短縮するため、文献 2)4)12)で示されている結果を用い、画像の分割数を調整した。このことにより、2-3 秒で表示されるようになった。

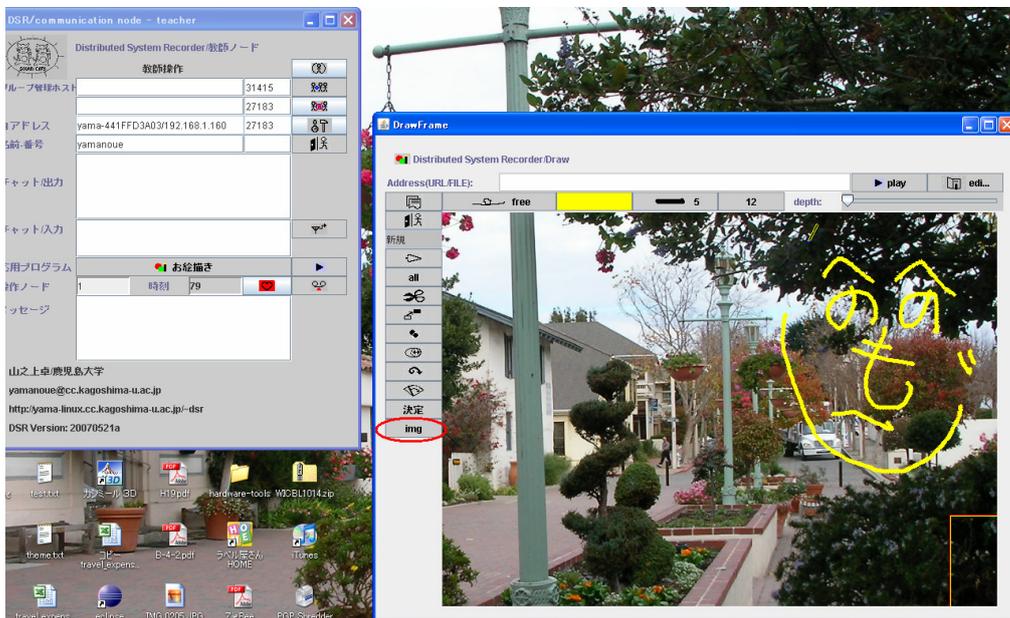


図 3. 教師端末で背後の画面がお絵かきプログラムに取り込まれた状態



図 4. 端末教室で静止画放送機能を使っている様子



図 5. 送信した画像の上で絵を書いている様子



図 6. 同じ端末教室で、複数のグループが異なる画面を共有している様子

4. 静止画放送機能を用いた授業や会議

2006 年度より、情報処理入門講義の一部で SOLAR-CATS を用いている。学生数はおよそ 50 名である。Web ページや Excel の画面を SOLAR-CATS を使って各学生の目の前で見せながら授業を行った。

各学生の目の前で、教師の画面と同期して、細かい字や絵を見せることができるため、学生はメモを取るときなどに重宝していた。情報倫理ビデオを、プロジェクトを使って見せる授業を行ったとき、このビデオも SOLAR-CATS を使って目の前で見られるとよかつ

た、との感想を持つ学生がいた。Excel の説明を行ったとき、プロジェクトを使って講義する場合、ズームを使って文字を大きくしていた。しかしながら、それでも式を学生が見るのは難しいため、従来はパワーポイントを使って式を拡大して見せていた。この方法では、シート全体の部分と式の部分が分離してしまい、全体の中のどの部分を変更しているかわかりにくかった。しかしながら、静止画放送機能を使うことにより全体と細かい部分が同時に、学生の目の前で見られるようになったため、授業がやりやすくなった。

2007 年度からは筆者の研究室のゼミで、全面的に SOLAR-CATS を利用している。学生の研究室で、学

生が自分の席に座ったままで、発表者が順番に、Web上で準備した資料やパワーポイントで作成した資料をグループのメンバーのパソコンに同時に実時間で表示し、説明を行っている。このことにより、プロジェクトの準備が必要なくなり、席の移動も必要なくなり、目の前で小さな字や絵まで見られるようになり、ゼミが以前と比べて円滑に進むようになった。

SOLAR-CATS は授業だけでなく、会議でも利用できる。筆者が属しているある研究会の会員の多くはパソコンを持参して研究会に参加している。この会の会合にネットワークスイッチを持ち込んで参加者のパソコンをこのスイッチに接続してもらい、パソコンの一台をルータにして携帯電話経由でインターネットに接続し、Webサイトに準備した資料やパワーポイントで作成した資料をSOLAR-CATSで全員同時に見ながら会議を行うことができた。

5. 関連研究

本論文の基本的な概念は「電子黒板 2)4)6)7)」の研究に基づいている。今回、静止画の送信時間をより短くするため、論文の式を改めて見直し、最適な分割数を求める式を導出し、その結果を利用した 12)。電子黒板は操作の記録・再生は行えないが、SOLAR-CATS はそれができる。また、SOLAR-CATS は SSS2005 の発表 11) で示したように、授業中の教師の画像や音声を記録・再生したり、各端末にそれを送信したりすることが可能であり、遠隔地間の授業にも応用できる。

遠隔地間でパソコン操作を共有するとき、無料で使える遠隔端末操作システムとして VNC 13) が良く使われている。VNC は、画像の変化した部分のみを取り出し、様々なデータ圧縮手法を用いて圧縮し、送信する技法を用いることにより、パソコン上の画面の変化を実時間に近い形で相手側に反映させている。SOLAR-CATS でも同様の技法を用いることにより、静止画のみでなく、画面の変化も実時間に近い形で送信できる可能性がある。Real VNC は、基本的には一対一の共有を行うものである。

Multi VNC 1) は VNC を多対多で利用できるように拡張したシステムである。Multi VNC は無料で使える授業支援ツールとして利用されてきた実績がある。Multi VNC は現時点では Linux 上で動作するのに対して、SOLAR-CATS はプラットフォーム独立である。

ComDesk 5) は多対多で利用でき、なおかつプラットフォーム独立のシステムである。ComDesk は異なるネットワーク(サブネット)をまたいだ環境では利用できないのに対して、SOLAR-CATS はそれができる。

QuickBoard 3) は教師画面を Web 上で多数の学生が見られるようにしたシステムである。QuickBoard は VNC と同様に、教師画面を分割し、変化があった部分のみ Web クライアントで表示させることにより実際に送信される容量を圧縮している。学生側端末は Web ブラウザさえ用意されていれば良く、その意味ではプラットフォーム独立である。しかしながら、教師側パソコンには画面を取得するための Windows アプリケーションを動作させる必要があり、その意味ではプラットフォーム独立ではない。200 の Web クライアントに 5 秒間隔でサーバにアクセスさせたところ、遅延は 0.1 秒以内であったと報告されている。しかしながら、この方式は基本的には一極集中型であり、サーバにはそれなりの負担がかかるはずであり、この実験でもサーバには当時としては高速の 2.4GHz の CPU が使われていた。また、この論文では分割数を変えたときの転送時間の実測値は示されているが、地理論式や最適な分割数については述べられていない。

市販の授業支援システムの多くは完成度が高く機能も豊富であるが、プラットフォーム依存であり、端末教室固有のカスタマイズが必要な場合が多く、気軽に利用することが難しい。

6. おわりに

教育支援システム SOLAR-CATS に静止画放送機能を組み込み、実際の授業や研究室のゼミなどで利用したことについて述べた。授業で利用するとき、SOLAR-CATS のプログラムのバグにより、グループの構成を失敗することがあるので、速やかにこのバグを取る必要がある。

教育現場で SOLAR-CATS を利用したときの教育的な効果を評価したいが、学生への副作用がなく、なおかつ、客観的で定量的な評価を行うにはどうすればよいか、現在検討を行っている。

謝辞 日本語プログラミング環境 PEN をご提供いただいた関係者の皆様に感謝します。本研究の一部は平成 17 年度科学研究補助金基盤研究(C) 17500041 の補助を受けました。

参考文献

- 1) 上原ほか、「IT 教育向けデスクトップ管理ツール「MultiVNC」の開発」、情報処理学会情報教育シンポジウム(SSS2004), pp.129-134, (2004)
- 2) Hirahara, T., Yamanoue, T., Anzai, H. and Arita

- I., "SENDING AN IMAGE TO A LARGE NUMBER OF NODES IN SHORT TIME USING TCP", Proceedings of the ICME2000, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, New York City, USA, July 30-Aug.2, pp.987-990, (2000)
- 3) Ichimura, S., Matsushita, Y., "Lightweight Desktop-Sharing System for Web Browsers", The 3rd International Conference on Information Technology and Applications (ICITA'05), IEEE CS Press, pp.136-141 (July 2005).
- 4) 平原貴行, 山之上卓, 安在弘幸, 有田五次郎, "TCP を利用した分散ネットワーク環境のための電子黒板システム", 情報処理学会論文誌, vol.43, No.1, pp.176-184, (2002)
- 5) 三浦 元喜, 志築 文太郎, 田中 二郎, "P2P 技術を活用した画面転送・遠隔操作システムの開発", 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 1, pp. 289-299, (2004)
- 6) Yamanoue, T., Shimizu, M., Fujiki, T., "Development of an electronic chalkboard for a large classroom by parallel programming and its application to English classes", Proceedings APITITE94, vol.2, pp.651-656(1994).
- 7) Yamanoue, T., Hirahara, T., Anzai, H., Sawada T., and Yamane, M., "Development of an Electronic Chalkboard System through Parallel Programming," Teaching in the Community Colleges Online Conference, Sponsored by the Teaching in the Community Colleges List & Kapi'olani Community College, April 1-3(1997)
- 8) Yamanoue, T., "Sharing the Same Operation with a Large Number of Users Using P2P", The 3rd International Conference on Information Technology and Applications (ICITA'05), IEEE CS Press, pp.85-88 (July 2005).
- 9) Yamanoue, T., Nakanishi, M., Nakamura, A., Fuse, I., Murata, I., Fukada, S., Tagawa, T., Tatsumi T., Okabe, S., Yamada, T., "Digital Video Clips Covering Computer Ethics in Higher Education", Proceedings of the 33rd annual ACM SIGUCCS conference on User services, pp.456-461, Monterey, California, US. 6-9 Nov. (2005)
- 10) 山之上 卓, "P2P 技術を利用した分散システム上の実時間操作共有システム", 情報処理学会論文誌, vol.46, No.2, p.392-402, (2005)
- 11) 山之上 卓, "多数の端末上のアプリケーション操作の記録再生を行う教育支援システム", 情報教育シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ vol.2005, No.8, (IPSJ SIGCE SSS2005), pp.61-68, Akaigawa, Hokkaido, 21Aug.-23Aug. (2005)
- 12) 山之上卓, 櫻木信輔, "構造型 P2P 通信システムの性能改善", 電子情報通信学会技術研究報告, CS2007-2, CQ2007-6, pp.7-11, Apr. (2007)
- 13) Real VNC <http://www.realvnc.com/>