

多地点参加の遠隔講義の運用実験

吉浦 紀晃[†] 中西 令^{††} 小野里好邦^{††}

[†] 群馬大学総合情報処理センター 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1

^{††} 群馬大学工学部情報工学科 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1

E-mail: tyoshiura@lab.cc.gunma-u.ac.jp, {nakanisi,onozato}@nzt.cs.gunma-u.ac.jp

あらまし 遠隔講義は、ネットワークの発達とともに広く研究されており、実際の講義等で利用されている。また、遠隔講義のシステムの提案や、実際の遠隔講義における様々な考察や報告が行われている。しかしながら、多地点参加の遠隔講義に関する報告は少なく、ほとんどが2,3地点参加の遠隔講義のものである。本論文では、多くの地点の遠隔講義への参加を容易にするために、MPEG4 ストリーム配信システムと遠隔会議システムの2つのシステムを用いることにより、スケーラビリティをもつ遠隔講義システムを用意し、8地点というこれまであまり報告されていない多地点による遠隔講義を実際に行った。運用者や実施者による考察、受講者のアンケート、映像や音声の途切れ時間、トラフィックなどの情報など、遠隔講義の実施により得られた様々な情報から、今回利用したシステムの有効性や多地点の遠隔講義の問題点とその分析を行う。

キーワード 遠隔講義、ブロードバンド

Experiment of Multi point Distance Learning

Noriaki YOSHIURA[†], Ryo NAKANISHI^{††}, and Yoshikuni ONOZATO^{††}

[†] Computer Center, Gunma University 1-5-1, Tenjincho Kiryu City Gunma 376-8515 Japan

^{††} Department of Computer Science, Gunma University 1-5-1, Tenjincho Kiryu City Gunma 376-8515 Japan

E-mail: tyoshiura@lab.cc.gunma-u.ac.jp, {nakanisi,onozato}@nzt.cs.gunma-u.ac.jp

Abstract The rapid advancement of the Information Technology (IT) such as the Internet has been changing education, particularly distance lecture becomes very popular in higher education. Although, there are several reports of experiments of distance lecture, most of them is reports of two or three point distance lecture. This paper presents an experiment of eight point distance lecture and analyzes the results of this experiment with questionnaire answers of participants, image and sound pause data and traffic data. The system distance lecture system used in this paper is a hybrid system of two network communication systems; one is MPEG4 streaming system and the other is distance meeting system. This hybrid system has scalability of distance lecture participant sites.

Key words Distance Learning, Broadband

1. はじめに

インターネットの普及により、様々な情報がネットワークを介してやり取りされるようになってきている。例えば、SCS(Space Collaboration System) 事業のように衛星通信回線を利用した遠隔講義を実現したものや、ATM や IP を利用した遠隔講義システムの報告が行われている[3],[4],[8]。また、WIDE プロジェクトのSOI(School of Internet)[9]などの講義のインターネットへの配信など様々な試みが行われている。このように遠隔講義の試みは数多く行われており、そのための技術的な基盤は整備されている。実際、回線部分については、ネットワーク

のギガビット化や100Mbpsのイーサネットサービスによる大容量化など各家庭においてもインターネットで動画を閲覧する環境が整いつつある。また、映像の配信方式も、これまでは、H.323、MPEG2、リアルネットワーク社のreal mediaなどが主であったが、MPEG4など新しい動画配信技術を利用した製品も提供されつつある。

遠隔講義には、大きく分けて2つあり、講義をストリーミングデータとしてサーバに置き、受講者は好きな時に見ることができるもの[5],[6]と、講義の映像と音声を実タイムで受講者へ配信するものの2つがある[7]。後者では、講師と受講者の間での双方向のコミュニケーションが可能となる。今後、

インターネットによるバーチャル大学などが実施されるようなれば、大学のキャンパス間や、大学同士で行われるようなこれまでの遠隔講義とは異なり、講義受講者は各自の家からネットワーク経由で講義を受講する形態が増えると予想される。講師と受講者の間での双方向のコミュニケーションを行うような遠隔講義の場合には、ネットワーク経由で多数の地点が参加するような形態になる。

一方、大学のキャンパス間での遠隔講義などの報告などが行なわれているが[3]、2,3地点での遠隔講義のものが多く、多地点での遠隔講義の報告はあまり行なわれていない。また、多地点であっても受講者1人1人が端末を利用して授業に参加するという形態に関する報告もあるが[1]、各端末が同じ場所にある、遠隔地が多く存在する状況ではない。そこで、本論文では、2002年4月19日に群馬県内の大学、群馬県、高崎市等からなる北関東IT推進協議会が中心となつて行った8地点参加の遠隔講義をもとに、実証的に多地点間双方向遠隔講義における問題のうちのいくつかを解明する。この遠隔講義は、メーカーから提供されたシステムを併用することにより構成されたスケーラビリティを有する双方向遠隔授業システムにより行い、各遠隔講義参加地点間のネットワークは、Japan GigaBit Network(JGN)[10]を利用した。本遠隔講義は、講義を行なったメイン会場、講師と主に質疑を行ない、メイン会場と同程度の環境を整えたサブ会場、講義を受講し、意見などがあれば質問が可能な環境を持つサテライト会場の3種類の会場をネットワークで結んで行われた。その際の、運用者による遠隔講義実施後の考察、受講者のアンケート、そして音声や映像の途切れなどの客観的なデータなどから、多地点参加の遠隔講義における問題点の解明と、今回利用したシステムの有効性を確認する。

2. 遠隔講義の概要

インターネットの普及に伴い、受講者が自宅にいてネットワークを介して遠隔講義に参加するという形式に発展することが予想される。例えば、WIDEプロジェクトのSOI(School of Internet)[9]などはその1つである。しかし、インターネットを介した双方向コミュニケーションによる遠隔講義は少なく、多くの遠隔地が参加する状況で双方向コミュニケーションを行おうとすれば、その接続数と映像の品質に限界があり、その一方で、遠隔講義の場合には、講師の映像と音声が高品質で配信される必要がある。

このような技術的な側面に加えて、多地点間同時双方向通信を実際に行くと、多数の人間を同時に同期して拘束することになり、魅力ある授業であることと同時に、共通の問題意識の共有が必要となる。あるいは、各人なりの授業時間の過ごし方の工夫を行い、授業へ参加する心構えと勉強態勢を保つことが重要となる。それに応じてネットワーク構成が対応できるようにする柔軟性が望まれる。本論文では、円形劇場型言説[2]とネット型対語[2]を組合わせた構成をとりつつ、多数の人数にも対応できるスケーラビリティを有するシステム構成を採用した。具体的には、図1にあるように、講師の映像音声の配信と講師と受講者とのコミュニケーションを行うシステムをそれぞれ別

に用意することにより、より多くの遠隔地の講義へ参加の可能とするとともに、講師の映像や音声の品質も確保された遠隔講義を行う事が可能であるシステムである。本論文では、講師の映像や音声の配信にはMPEG4を利用し、講師と受講者とのコミュニケーションは遠隔会議システムを利用することとした。

2.1 ストリーミングシステム

すでに述べたように、今回の遠隔講義は、2つのシステムを併用することにより行なわれた。1つは、沖電気社製のMPEG4ストリーミングシステムであるOki Media Server[11]であり、もう1つは、NTTが開発したNetOffice[12]である。Oki Media Serverは、後述するメイン会場とサブ会場の映像と音声を他の会場へ配信する。今回の遠隔講義では、映像はMPEG4形式を384kbpsの速度で配信し、音声は、MP3形式で128kbpsの速度で配信した。

NetOfficeは、NTTが開発しているネットワーク上での遠隔会議システムである。今回利用したのは、プロトタイプ版であり、最大接続数が32のものであった。NetOfficeは、多数の参加者による遠隔会議が可能であるが、各参加者の映像が160x120の大きさしかなく、また、USBカメラの利用を前提としているので、講師の映像を高品質で見ることには適していない。そのため、講師の映像や音声の配信には、Media serverを利用し、NetOfficeは、サテライト会場からの講師との双方向コミュニケーションをとるために利用した。また、今回の遠隔講義では、教材の提示にもNetOfficeの機能を利用した。

2.2 遠隔講義の会場

今回の遠隔講義は、3種類の会場が参加して実施された。

(1) メイン会場

メイン会場は、講師がいる場所であり、今回の遠隔講義では、群馬県高崎市のたかさきITプラザである。この場所の映像と音声は、MPEG4によって他のすべての会場へ配信される。また、NetOfficeを利用することにより、以下で説明するサテライト会場との双方向のコミュニケーションを行うことができる。

(2) サブ会場

サブ会場は、宇都宮大学である。今回の講義では、遠隔地間でコミュニケーションを行って講義が進めることになり、講師との会話を行う遠隔地を宇都宮大学としたため、この会場の映像と音声も他の会場へMPEG4によって配信されるようにした。メイン会場と同様に、NetOfficeを利用することにより、サテライト会場との双方向のコミュニケーションを行うことができる。

(3) サテライト会場

今回の遠隔講義では、鹿児島大学、高崎市役所、高崎商科大学、前橋工科大学、高崎経済大学、群馬大学がサテライト会場となった。サテライト会場では、メイン会場とサブ会場の映像と音声をみることができる。また、サテライト会場の映像と音声は、NetOfficeを利用することで他のサイトへ配信される。

2.3 ネットワーク構成

遠隔講義参加の各会場は、Japan Gigabit Network(JGN)[10]を利用して接続している。JGNは、ネットワークに関する研究開発を目的として通信・放送機構により整備されたネットワー

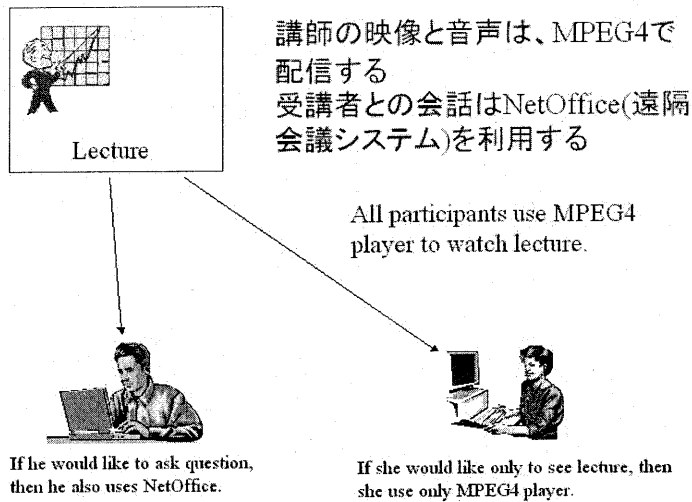
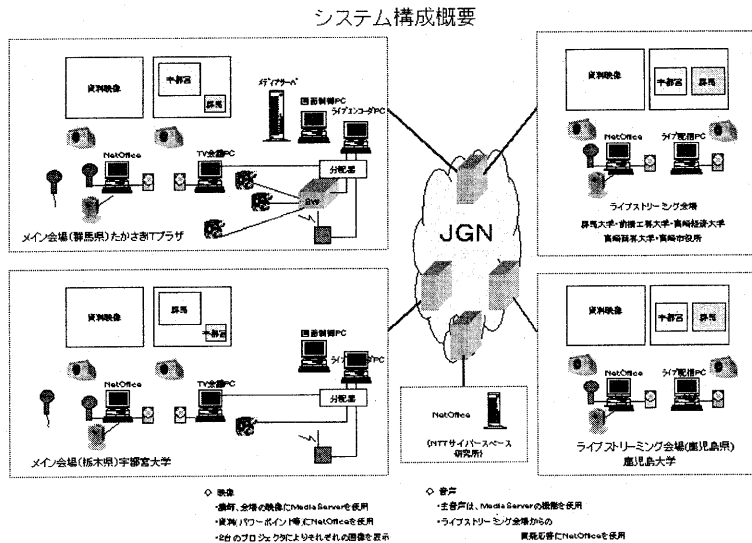


図 1 システム概要
Fig.1 System outline



クである。

鹿児島、横須賀、宇都宮の3地点は、それぞれメイン会場とJGNを介してATM PVCのリンクにより50Mbpsの帯域により接続され、また、NetOfficeのサーバがあるNTT横須賀研究所もJGNにより同様に接続された。群馬県内の各サテライト会場は、高崎のメイン会場とNTTのATMメガリンクを利

用して10Mbpsで接続された。これらのATMによる接続は、さらにIP over ATMにより、IPに通信を利用する。

2.4 機器構成

ここでは、各会場での機器構成について説明する。

2.4.1 メイン会場とサブ会場

図4は、メイン会場での機器構成を示している。サブ会場も

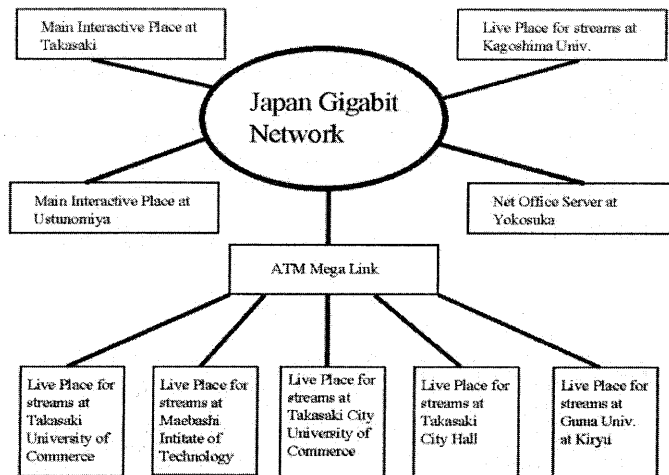


図3 ネットワーク接続
Fig.3 Network Connection

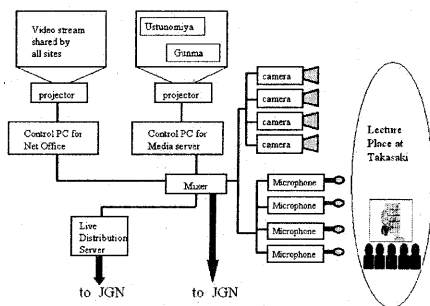


図4 メイン会場の設備
Fig.4 Equipment of Main Site

同様の構成であるが、カメラの台数が少ない。PCは、MPEG4エンコーダ、MPEG4再生用、NetOffice用の3台を利用した。メイン会場では、これらに加え、各会場へMPEG4での配信を行うサーバが設置されている。サブ会場の映像は、MPEG4に変換後、メイン会場にあるサーバへ送られ、このサーバから各サテライト会場へ配信される。

2.4.2 サテライト会場

実際の大学などでの遠隔授業では高価な音声や映像機器が必要となる。例えば、京都大学とカリフォルニア大学ロスアンジェルス校との間での遠隔講義では、各大学が遠隔講義専用の講義室を用意し、備えつけのカメラ、プロジェクタ、スピーカなどが設置されている[3]。今回の遠隔講義では、多地点の参加が可能であるため、各サテライト会場に数人の受講者が参加す

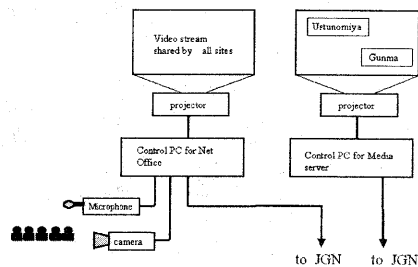


図5 サテライト会場の設備
Fig.5 Equipment of Satellite Site

ることとし、これにより、各サテライト会場で利用する機材を廉価なもので十分であるようにした。実際には、以下のような機器を利用した。

(1) PC 2 台 (Windows2000, Pentium III 1GHz, 512MB memory)

MPEG4 再生用 PC と NetOffice 用 PC

(2) スピーカ 2 台 (PC 用)

MPEG4 音声用と NetOffice 用

(3) マイク 1 台 (PC 用)

NetOffice 用

(4) プロジェクタ 2 台 (2000 Ansi ルーメン)

MPEG4 映像用と NetOffice 用

(5) USB camera 1 台 (30fn, 300,000pixels)

NetOffice 用

(6) スクリーン 2 台 (80 インチ)

MPEG4 映像用と NetOffice 用

このように、サテライト会場で特別な機器を必要としない。また、プロジェクタがない場合には、パーソナルコンピュータの画面を利用することで受講することが可能である。本論文での遠隔講義システムの利点は、講義を受講する際には、特別な機器を必要とせず、さらに双方向のコミュニケーションが可能であることである。講師の映像や音声は、MPEG4 で配信されるので十分な品質で受講することが可能であり、一方、NetOffice を利用することで、質問等があれば、講師とコミュニケーションが可能である。また、今回は、メイン会場とサブ会場の 2 か所の映像と音声は MPEG4 で配信されていたため、MPEG4 再生用と NetOffice 用の 2 台を用意したが、MPEG4 での配信が 1 か所である場合には、1 台で遠隔講義を受講可能であることを確認している。

3. 運用に対する考察

実際の遠隔講義の行なう過程から、以下の知見が得られた。

(1) 多地点の場合の意志確認の方法

講師が講義内容の理解の具合を確認するなど、各地点の意志の確認を行なうことが講義中に必要となる。地点毎に意志を確認しても、2,3 地点の場合は講義全体に支障をきたすことはないが、多地点の場合は、これが講義自体に影響を与えることがある。

今回の実験では、各地点との意思の疎通を行う場合、各地点に講師がいる地点から呼び掛けを行い、講師の発言や問いかけを理解しているかどうかを、NetOffice を用いて確認していた。すべての会場の意志の確認を終了するまでに、かなりの時間を要した。このことから、すべての地点の意志確認を同時に行なえるような機能が多地点の遠隔講義の場合に重要になる。

(2) 各地点での映像や音声に関する品質の基準の必要性

統一的な品質や音声の基準がないと、各会場での映像や音声の品質が違っただけでなく、障害が発生した場合に、それがサーバの問題であるのか、クライアントの問題であるのかを判断することが困難になる。

実際に、準備段階で品質への認識の違いがあったために、同

程度の映像や音声の障害があったにも関わらず、ある会場では問題があると認識し、別の会場では問題がないと認識していた。実際には、MPEG4 プレイヤーの利用の仕方に関係があり、これはすべての会場で起きていた問題であった。しかしながら、品質に対する認識の違いから、そのために問題の原因を特定するのに時間がかかった。2,3 地点での各会場での品質の確認との違いは、多地点の場合、障害を正しく障害と認識する会場が少数になってしまい、各会場固有の問題として判断されてしまうことである。その結果として障害の原因を特定できないということがあり得るので、障害発生時における問題の切り分けを行なうことを容易にするために品質の基準を明確に定めておく必要がある。

(3) 講師のスキル

講義中に資料共有のシステムに問題が生じたが、講師が適切な対応を行ない、講義全体への影響はなかった。本論文の遠隔講義のようにリアルタイムで講師の話が遠隔地に配信される場合には、トラブルの発生は重要な問題である。システム障害をなくすることも必要であるが、講師が障害時にどのように講義を続けるかのマニュアルの作成も重要であると思われる。

(4) 2 つのシステムの利用の問題点

今回の遠隔講義では、2 つのシステムを利用したが、ハウリング等の 2 つのシステム間での音声の問題が起きた。今回の遠隔講義では、MPEG4 のストリームシステムでは、エコーキャンセラなどの音声機器を導入して防ぎ、また、NetOffice では、マイクの利用に注意を払うなど、利用の仕方によって音声の問題を回避したが、簡易な機器による音声の問題の解決が必要である。2 つのシステム利用による問題は音声以外では発生しなかった。

4. 受講に関する問題点

この章では、遠隔講義受講者のアンケートとの結果、映像音声の途切れ、トラフィックに関する考察を行う。

4.1 アンケート

講義の受講者に対して、アンケートを行い、5 段階評価により回答してもらった。表 1 はアンケート項目と回答の平均値を示している。アンケート項目は、[3] を参考にして作成した。

このアンケート結果から以下の知見が得られる。

(1) 項目 2 の「音声の途切れが気になった」や項目 5 「講義画面の乱れが気になった」では、サブ会場とサテライト会場の点数がメイン会場に比較してかなり低い結果となった。いずれの会場でも他会場からの音声と同程度であったことから、講師の音声の途切れが受講者にとって重要であるといえる。

(2) 項目 7 の「映像にあきた」では、メイン会場とサブ会場がほぼ同じ点数であるのに対して、サテライト会場の点数が低い。サブ会場とメイン会場では、講師とサブ会場の受講者との間での会話が行われた点が、サブ会場とサテライト会場との違いであり、スクリーンに映し出される映像はどの会場でも同じであった。故に、この点数の差は、サブ会場全体が講義に参加しているという意識が生じたのに対して、サテライト会場は講義に対して受身であったことが、映像に飽きる原因になった

アンケート項目	サテライト	サブ	メイン	全体
1. 声の大きさは適切だった	4.143	4.4	3.958	4.117
2. 声のとぎれが気になった	1.607	2.2	3.167	2.333
3. 講義画面は見やすかった	3.714	3.3	3.792	3.683
4. 講義画面の切替えは適切だった	3.536	3.2	2.792	3.167
5. 講義画面の乱れが気になった	2.714	2.2	3.25	2.817
6. 見たい映像を見ることができた	3.321	3.1	2.875	3.1
7. 映像に飽きた	2.75	3.4	3.458	3.083
8. 講師の姿がよく見えた	4.321	4.5	3.667	4.083
9. 群馬県高崎の講師に対してのカメラ追跡は適切だった	3.929	4	3.5	3.75
10. 画面上での Web 教材の文字は見やすかった	3.857	4.2	3.583	3.783
11. 画面上での Web 教材の映像や映像は見やすかった	3.643	4.2	3.5	3.667
12. Web 教材の内容は適切だった	3.714	4.4	3.625	3.783
13. Web 教材の画面切替は適切だった	3.464	3.5	3.167	3.333
14. 質問の返答はしやすかった	3.214	3.2	3.208	3.2
15. 質問がしやすかった	2.821	2.7	3.167	2.917
16. 講師と十分なコミュニケーションがとれる	3	2.9	3.5	3.167
17. 学生と十分なコミュニケーションがとれる	3.036	2.8	3.25	2.067
18. 講師の様子がわかった	3.7	4.5	3.917	3.95
19. 授業を受けている感じがした	3.679	3.6	3.792	3.7
20. 授業が理解できた	3.571	4.5	4.125	3.933
21. 今後、このような遠隔講演を受講したいと思った	3.143	4.2	3.875	3.583

表 1 アンケート結果

Table 1 Result of Questionnaire

と考えられる。また、受講者の意見として、サブ会場とメイン会場の会話が早いとその分、サテライト会場は、講義の受講者というよりもむしろ見学者という感じをうけるといった意見もあった。

(3) 項目 8 の「講師の姿がよく見えた」では、メイン会場に比べて、サブ会場とサテライト会場の点数が高かった。これは、サブ会場とサテライト会場ともに、MPEG4 による配信で常に講師の映像を見ることができることによると思われる。遠隔講義においては、講師と同じ会場にいないということがすべてデメリットであるわけではないことを示している。

(4) サブ会場とサテライト会場の違いは、自会場の映像が他の会場へ MPEG4 で配信される点にある。これら 2 種類の会場のアンケート結果を比較すると、アンケート項目の 2,5,7,11,12,18,20,21 で大きな違いが出た。項目 5 以外は、サブ会場の点数が高かった。項目 11,12 については、講師とサブ会場の受講者が資料を通じての会話を行ったことが、これら 2 つの項目の評価をあげていると思われる。また、項目 18 についても、講師とのコミュニケーションが影響して、このような結果になったと思われる。

(5) 項目 19「授業を受けている感じがした」が 3 種類の会場で同程度の点数であったことから、本システムは遠隔講義を行うのに十分であるといえる。

(6) アンケート全体をみると、サブ会場の評価が高かった。これは、各会場の受講者にもよるが、講師の映像や音声はサテライト会場と同程度であることから、講義内容や講義の進み方によるところが大きいのではないかと推測できる。実際、サブ会場の受講者は講師との会話を多くしており、より遠隔講義の利点を感じることができたので、評価が高いのではないと思われる。故に、機器等の整備も重要であるが、遠隔講義に対する受講者の評価をあげるためには、その講義内容やどのように進めるかが重要になる。

4.2 遅延等に関する考察

サテライト会場の様子をビデオに録画し、映像と音声の途切れを調べた。図 6 と図 7 は音声と映像の途切れの回数を示して

いる。縦軸は、途切れの回数であり、横軸は、どの程度の途切れであるかを示したものである。これらの途切れを以下の 3 種類に分類した。

A. 講義の理解に影響をほとんど及ぼさない途切れ

B. 講義の理解に影響を及ぼすが、それによって話している内容がわからないということがない途切れ

C. 講義の理解に影響を及ぼす途切れ

これらの分類は、遠隔講義に参加していない人間によって行った。

これら 2 つのグラフを比較すると、2.0 秒から 2.5 秒の音声の途切れのほとんどが B または C に分類されているのに対して、同じ長さの映像の途切れは半分しか B や C に含まれていない。このことは、様々な遠隔講義の実験から知られていることであるが、映像の途切れよりも音声の途切れの方が重要であることを示している。2.0 秒以上の音声の途切れのほとんどと 1.0 秒から 2.0 秒の音声の途切れの半分が B や C に分類されていることから、音声の途切れは、1 秒以内に抑えることが必要であると思われる。映像の途切れについては、2.0 秒から 3.0 秒の途切れの半分と 1.5 秒から 2.0 秒の途切れの 3 分の 2 が A に属していることから、映像の途切れは、2.0 秒以下に抑えるべきである。

音声と映像の途切れは、アンケート項目の 2 と 5 に関連している。音声の途切れよりも映像の途切れが多いのにも関わらず、アンケート項目 2 の点数が項目 5 の点数よりも少ない。このことも、映像の途切れよりも音声の途切れの方が重要であることを示している。

4.3 トラフィック

遠隔講義時のトラフィックのグラフを図 8 に示す。このグラフは、サテライト会場に設置された ATM スイッチにおいて測定したものであるため、縦軸が単位時間あたりのセル数と、横軸が時間となっている。今回の遠隔講義は、午後 1 時から始まり午後 3 時まで行われた。午前 10 時頃から機器の準備は行われていたため、遠隔講義が行われていない時間でトラフィックが観測されている。

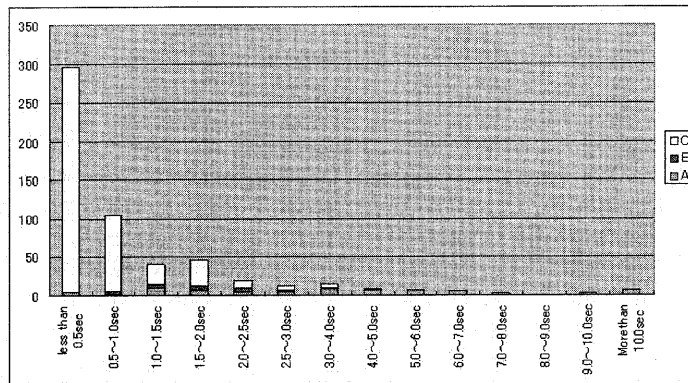


図 6 映像の途切れ
Fig.6 Pause of Image

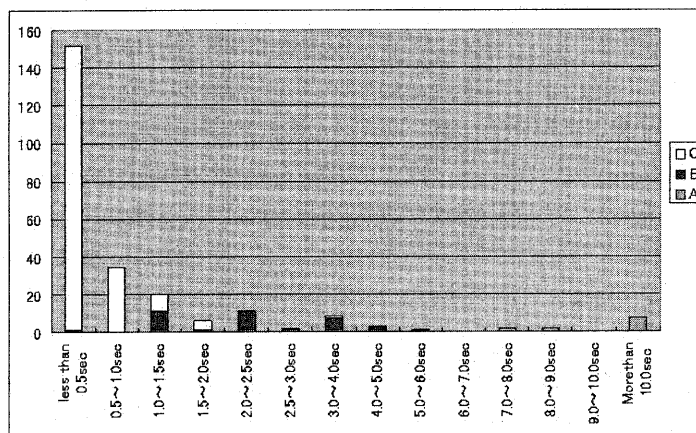


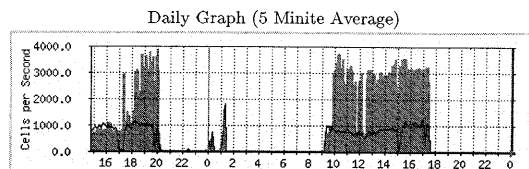
図 7 音の途切れ
Fig.7 Pause of Sound

午前 10 時前から稼働させていたのは、多地点を双方向で結ぶためのシステム NetOffice を起動させていたため、このシステムの利用帯域は 1000cell/sec であり、IP パケットで換算すると 0.384Mbps 程度の帯域が利用された^(注1)。また、午後 10 時

以降のトラフィックは、MPEG4 のストリーミングによる講師の映像音声の配信によるもので、受信セルの増加だけが見られる。実際に利用したトラフィックは、2100cell/sec であり、IP

(注1) : ATM セル 1 つ当り、53byte であり、そのうち 48byte がペイロード

であるため、 $1000\text{cell/sec} \times 48\text{byte/cellbit/byte} = 0.384\text{Mbps}$ が実際の IP におけるトラフィックである。



Max In 3892.0 cell/sec Average In 977.0 cell/sec Current In 3.0 cell/sec
Max Out 1813.0 cell/sec Average Out 366.0 cell/sec Current Out 6.0 cell/sec

図8 トラフィック図

Fig.8 Traffic Data

パケットで換算すると、0.806Mbps 程度である^(注2)。

この程度のトラフィックであれば、一般家庭において ADSL 等での遠隔講義の参加が可能であると思われる。また、帯域に問題がある場合には、MPEG4 による配信だけを受けるか、MPEG4 での配信される映像音声帯域の少ないものに切り替えて、NetOffice による講義への参加と講義の視聴の両方を行うことができるという選択肢があり、様々なネットワーク環境に対しても柔軟に対応できる仕組みとなっている。

5. ま と め

本論文では、8 地点というこれまであまり報告されていない多地点での遠隔講義の実際の運用やそれに対する考察を述べた。また、2 つのシステムを併用することにより、多地点参加が可能な遠隔講義のシステムを利用して、そのシステムが十分機能することを確認した。また、今回の実験では、映像や音声のフレームのロスなどについては調べることができなかった。これは、今回の遠隔講義が実験ではなく、実際に一般の人を対象とした遠隔講義であったため、遠隔講義に直接影響を及ぼすような調査を避けたためである。今後は、専用のネットワークを利用するのではなく、インターネットを介した多地点の遠隔講義の実験や、フレームのロスと講義に対する受講者の評価の関係などを調べたいと考えている。

文 献

- [1] 吉野孝、井上穰、由井隆也、宗森純、伊藤士郎、長沢庸二、インターネットを介したパーソナルコンピュータによる遠隔授業支援システムの開発と適用、情報処理学会論文誌、Vol.39, No.10, pp.2788-2801,1998
- [2] 哲学問題としてのテクノロジー、室井尚、講談社、2000 年 4 月
- [3] 村上正行、八木啓介、角所考、美濃導彦、受講経験・日米受講習慣の影響に注目した遠隔講義システムの評価要因分析、電子情報通信学会、Vol. J84-D-I No.9 pp.1421-1430
- [4] 若原俊彦、ATM-PVC 網を利用した遠隔講義システムの構成と特性、電子情報通信学会、pp.494-506、Vol. J81-B-I, No.8 pp.494-506
- [5] K. Okawa, A. Kato, J. Gast, R. Atarashi, Y. Toyabe, L.H. Landweber, J. Murai, Global collaboration for the joint University on the next generation internet, proceedings of INET2000, 2000, also available at <http://www.isoc.org/isoc/conferences/inet/00/cdproceedings/6c/6c.htm>
- [6] S.R.Hilts, N. Coopla, N. Rotter, M. Turrof, Measuring the

Importance of Collaborative Learning for the Effectiveness of Asynchronous Learning Network: A Multi-Measure, Multi-Method Approach, "Asynchronous Learning Network Journal (ALN Journal), Vol.4, No.2, 2000.

- [7] O. Ui, M. Nakayama, Y. Shimizu, Evaluation of Two Different Delivery Systems for Distance Education by Satellite, The Transactions of IEICE, Vol. J80, DII, No.4, 1997, pp.892-899.
- [8] Aiguo He, et.al Development and Evaluation of Real-time Interactive Tele-Classroom for Computer Exercises over the Gigabit Network, JDLA Journal, Vol3, pp.24-32, 2001.
- [9] Wide Project, School of Internet, <http://www.soi.wide.ad.jp/>
- [10] Japan Gigabit Network, <http://www.jgn.tao.go.jp/>
- [11] Media Server, <http://www.oki.com/jp/BMC/index.html>
- [12] NetOffice, <http://www.meetingplaza.com/>
- [13] JGN kick off event in Takasaki, <http://www.kix.gr.jp/kickoff/kickoff.htm>

(注2) : ATM セル 1 つ当り、53byte であり、そのうち 48byte がペイロードであるため、 $2100\text{cell/sec} \times 48\text{byte/cellbit/byte} = 0.806\text{Mbps}$ が実際の IP におけるトラフィックである。