

TV 会議の IPv6 ビデオ会議サーバは市庁舎に設置されている。このため、サーバが接続されている IX5005 ルータの入出力トラフィックでも同様のトラフィックが確認できるはずである。図 3.1.16 は市庁舎の TV 会議検証中の IX5005 ルータの入出力トラフィックである。

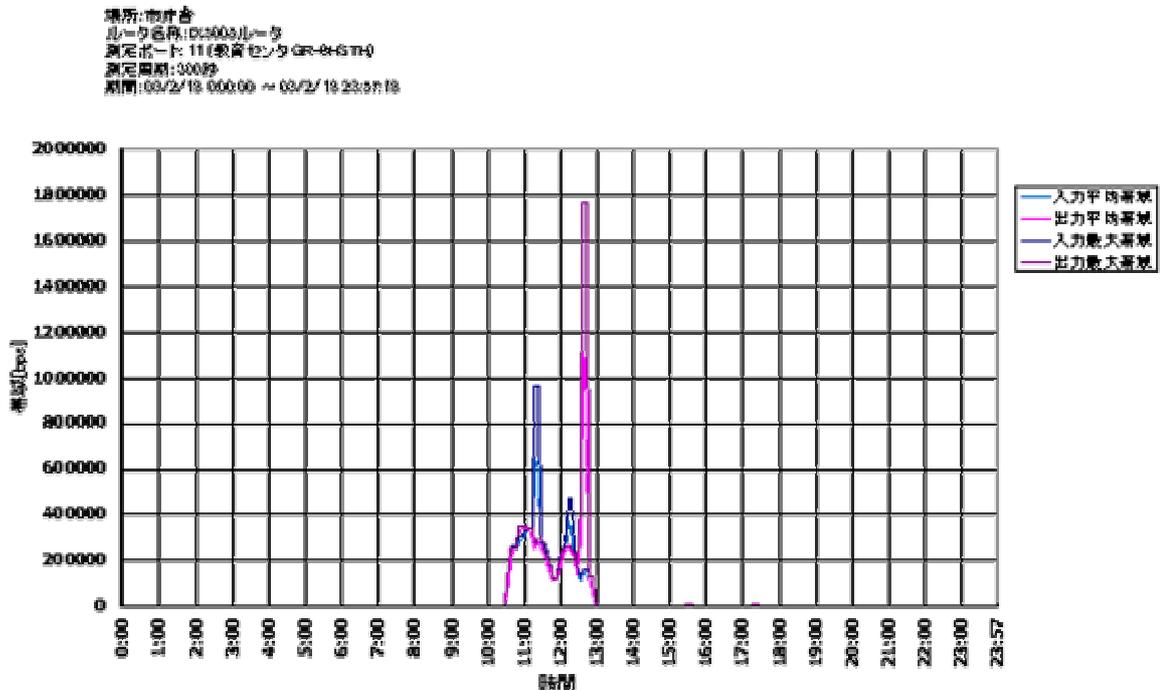


図 3.1.16 市庁舎の TV 会議検証中のルータの入出力トラフィック

11:00~13:00 のトラフィック量は三鷹駅市政窓口及び、産業プラザのトラフィック量とはほぼ一致する。ただし、バースト上のトラフィック増大が数回認められる。この原因は不明であるが、市庁舎内または教育センター内で他の検証のためアクセスをしていた可能性も否定できない。

TV 会議に関してはまったく別の日時に社会教育会館、コミュニティプラザ、図書館、ICU にて TV 会議を行っている。このため、こちらの検証にて問題がないことが確認できればよい。この検証では社会教育会館では TV 会議端末 1 台、コミュニティプラザでは TV 会議端末 2 台、図書館では TV 会議端末 1 台、ICU では TV 会議端末 2 台 (1 台は受信のみ) を使用した。図 3.1.17 は図書館の TV 会議中の IX5003 ルータの入出力トラフィックであり、約 120kbps~150kbps の帯域を使用している。TV 会議クライアント 1 台につき、約 120kbps~150kbps の帯域を使用しているがわかる。図 3.1.18ICU の TV 会議中の IX5003 ルータの入出力トラフィックである。ICU において、1 台は参加したが発言は行わなかった。このため、出力帯域は 150kbps 程度であるの

に対し、入力帯域は 250kbps 以上となっている。

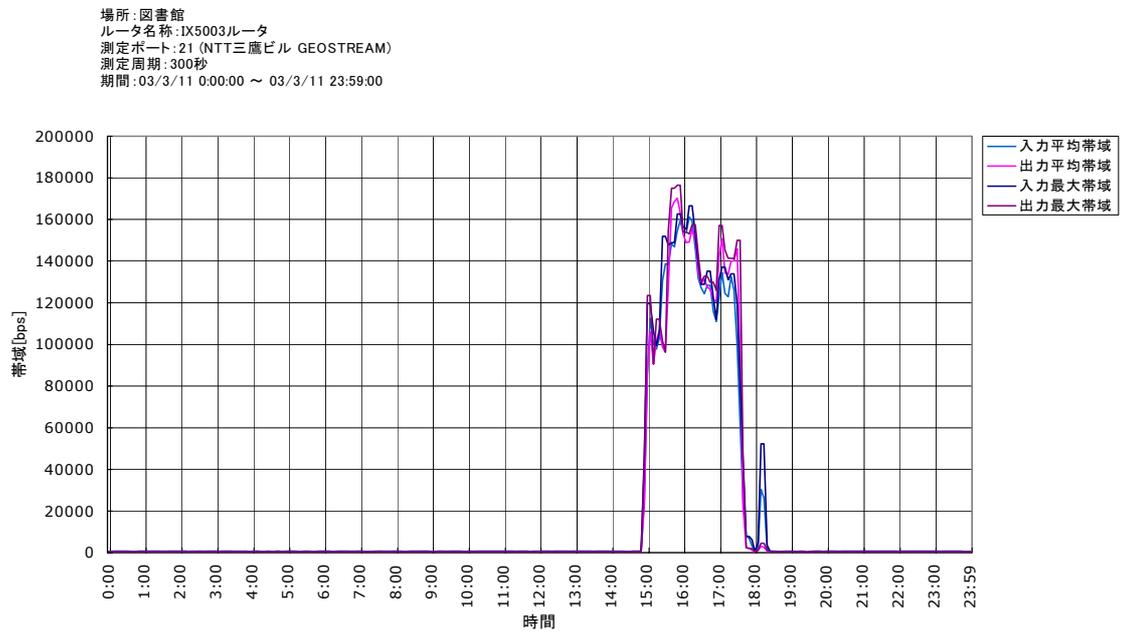


図 3.1.17 図書館の TV 会議検証中のルータの入出力トラフィック

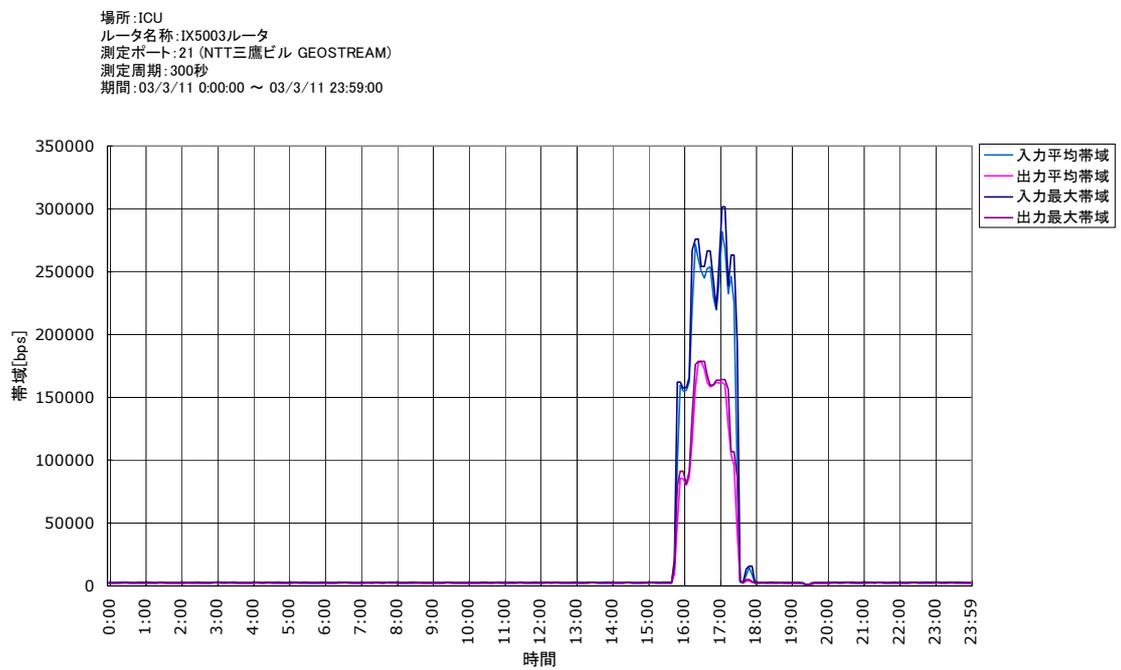


図 3.1.18 ICU の TV 会議検証中のルータの入出力トラフィック

TV 会議システムは会議に「参加」をすると、必ずユニキャストにて市庁舎にあるサーバに接続を行う。TV 会議システムでは IPv6 ビデオ会議サーバを介してかならずどこかのクライアントの画像を全クライアントに送信している。このため、市庁舎の IX5005 ルータでは最低でも  $120 \times 6 = 820\text{kbps}$  程度の出力帯域が期待される。図 3.1.19 は市庁舎の TV 会議検証中のルータの入出力トラフィックである。すべての端末を使用して TV 会議を実施している間は  $800\text{kbps}$  以上のトラフィックが確認できる。また、バースト上のトラフィック増大も見られず、正常にシステムは稼動していると思われる。

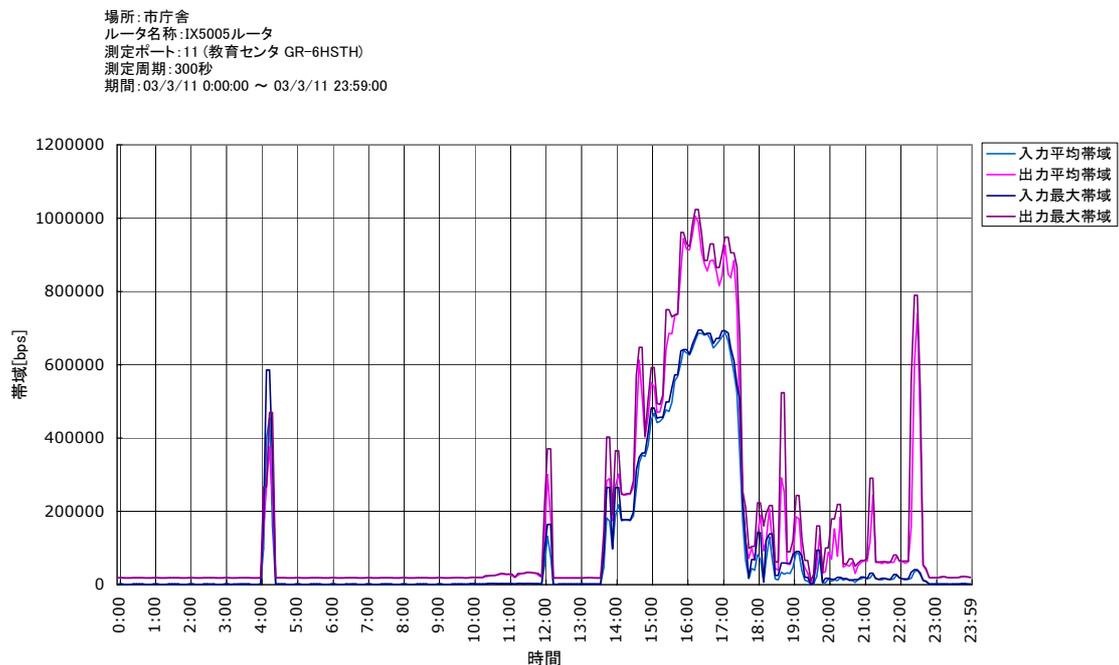


図 3.1.19 市庁舎の TV 会議検証中のルータの入出力トラフィック

### (3) 結論・考察

MRTG を使用し、回線使用率を確認し、使用帯域が設計帯域以下であることを確認した。また、アプリケーション動作中の入出力トラフィックも正常である。

### 3.1.2.5.4. エ) 回線部分のトラフィックを試験器にて解析

#### (1) 検証方法

ここでは 3.1.2.5.1、3.1.2.5.3 の検証中、教育センターの GR ルータと NTT 三鷹ビルの GeoStream の IP 別トラフィックを SmartProbe を使用して測定する。SmartProbe のトラフィック収集装置（以下 Probe と記述）は GR ルータと GeoStream 間に設置しており、SmartProbe を利用したトラフィックの検証はすべてこの間のトラフィックを計測する。

#### (2) 検証結果

##### ① DVTS

三鷹駅市政窓口から DVTS トラフィックを送信し、タウンプラザ、コミュニティプラザ、産業プラザ、三鷹駅市政窓口にて受信する場合も、社会教育会館から DVTS トラフィックを送信し、図書館、ICU にて受信する場合も、DVTS のトラフィックはすべて GeoStream でマルチキャスト配信され、GR ルータと GeoStream 間には流れない。

##### ② TV 会議

レポート名: ポートなし-repo1  
プローブ名: at-probe  
測定方向: 教育センターGR → NTT三鷹ビル  
測定周期: 60秒  
分類: 発IPアドレス-着IPアドレス  
期間: 03/2/18 0:00:00 ~ 03/2/19 0:00:00

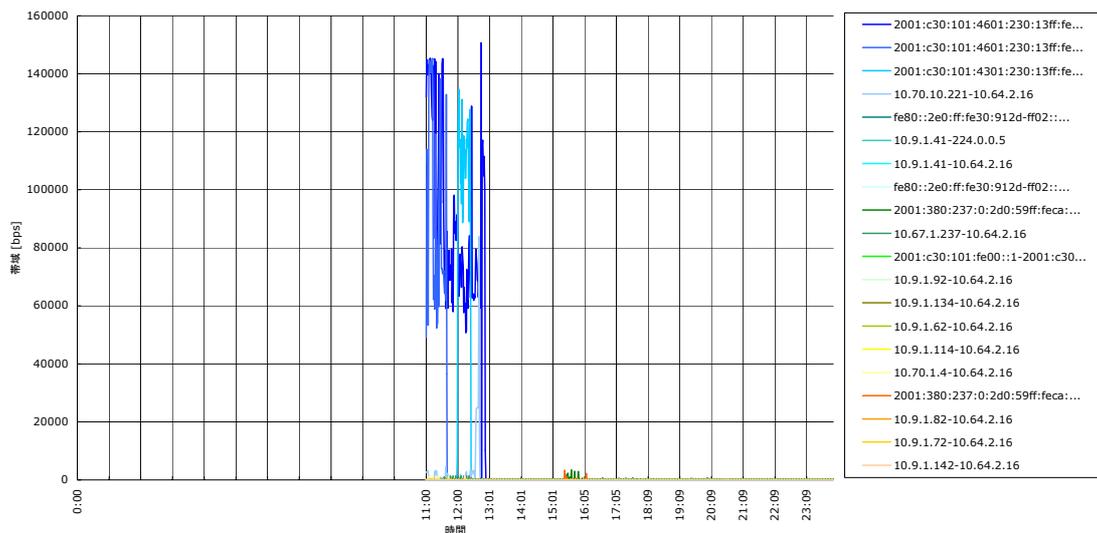


図 3.1.20 TV 会議検証中の IP 別トラフィック量の推移 1

項目ア) の検証にて産業プラザと三鷹駅市政窓口にてTV会議を行い、正常に行えることを確認した。図 3.1.20 は TV 会議検証試験実施中の SmartProbe で計測した IP 別トラフィックの推移である。主な線は 2 本あり、青色の線は 2001:c30:101:4601:230:13ff:fe05:156d、2001:c30:101:4002::16 間のトラフィックであり、三鷹駅市政窓口と市庁舎に設置されている IPv6 ビデオ会議サーバ間のトラフィックを表している。水色の線は 2001:c30:101:4301:230:13ff:fe05:aa23、2001:c30:101:4002::16 間のトラフィックであり、産業プラザと市庁舎に設置されている IPv6 ビデオ会議サーバ間のトラフィックを表している。検証において 12:00 までは三鷹駅市政窓口の 2 台の TV 会議クライアントを使用して TV 会議を実施しており、そのトラフィックは約 140kbps である。また、12:00 からは三鷹駅市政窓口は 1 台のクライアントとし、産業プラザのクライアントが会議に参加した。三鷹駅市政窓口からのトラフィックが減少し、代わりに産業プラザからのトラフィックが現れている。使用している帯域は MRTG の計測結果と調和的であり、トラフィックの頭打ちや異常は認められない。

3.1.2.5.1 の検証にて社会教育会館、コミュニティプラザ、図書館、ICU にて TV 会議を行い、正常に行えることを確認した。

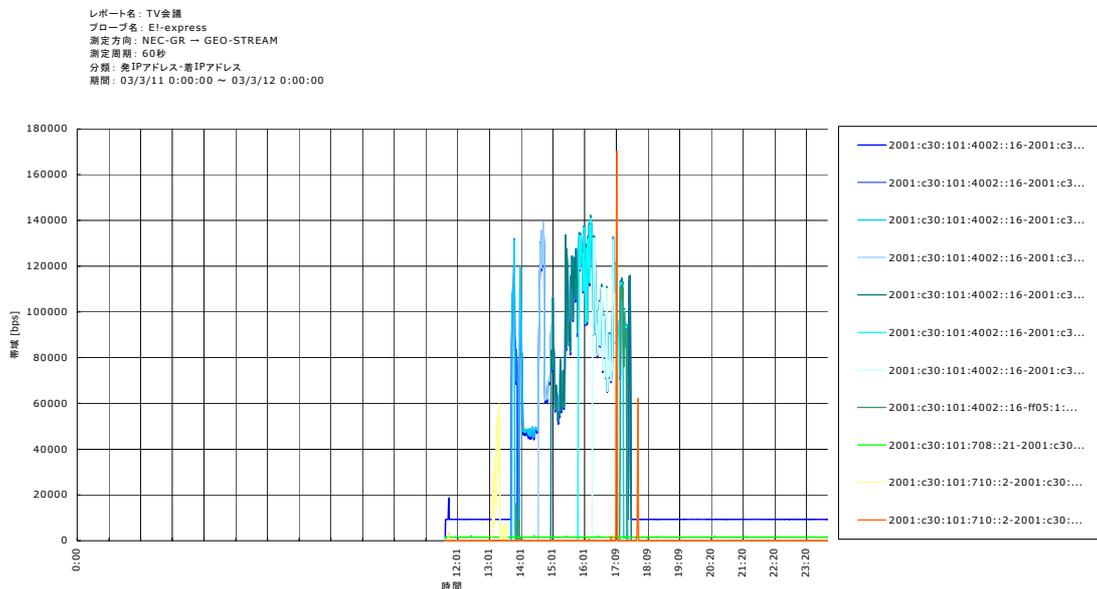


図 3.1.21 TV 会議検証中の IP 別トラフィック量の推移 2

図 3.1.21 は TV 会議検証試験実施中の SmartProbe で計測した IP 別トラフィックの推移である。今回は複数の拠点で実施しているため、グラフが重なって見づらい

が、各拠点で 120kbps～140kbps のトラフィックが確認できる。この結果は MRTG の結果と比べて調和的であり、システムは正常に稼動していると思われる。

また、本検証では 17:00 頃に複数の拠点でマルチキャストを使用し TV 会議の聴講を行った。SmartProbe のトラフィックデータからマルチキャストのデータのみを抜き出したものが図 3. 1. 22 である。トラフィック量は 120kbps 程度であり、複数の拠点で聴講しても GR ルータと GeoStream の間のトラフィックは 1 対 1 の場合と同等であり、マルチキャストが正常に行われていると思われる。

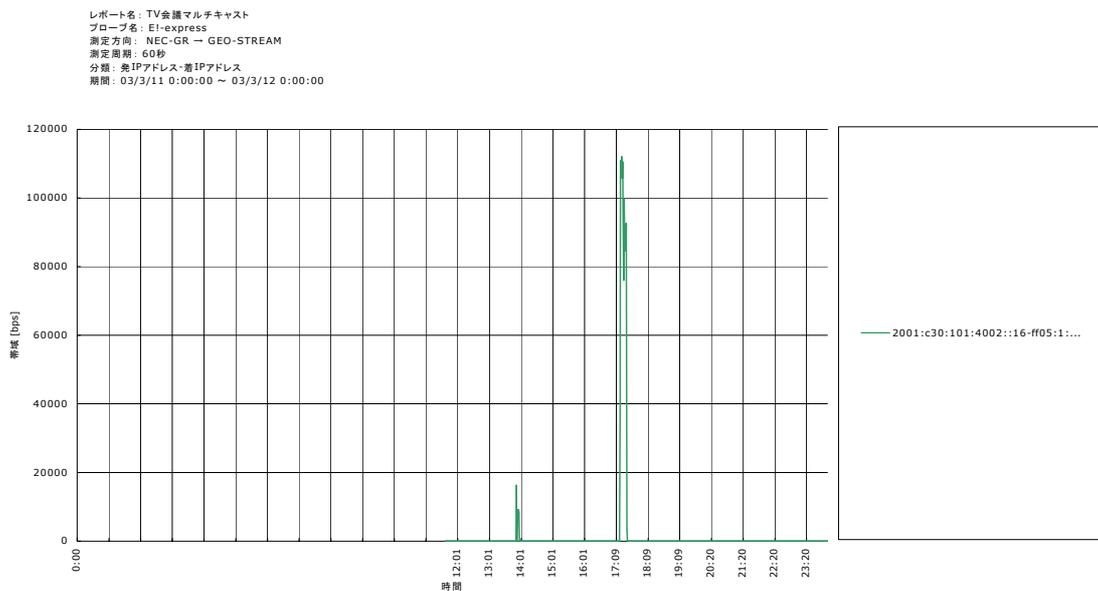


図 3. 1. 22 TV会議のマルチキャストトラフィック

### (3) 結論・考察

SmartProbe のトラフィック解析の結果、送信先 IP アドレスは使用したマルチキャストアドレスと同等であった。また、複数の DVTS 映像を複数のクライアントで受信した場合でも GR と GeoStream 間のマルチキャストパケットの帯域は DVTS 一本の帯域である約 32Mbps であり、マルチキャストが正常に動作していると思われる。

3.1.2.6. まとめ

表 3.1.4 検証の検証内容と検証結果まとめ

項目	検証内容	検証結果
ア)	クライアントの接続が想定されるネットワークに端末を接続し、コンテンツを受信することで IP マルチキャストが到達可能なネットワーク範囲を確認。	三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、コミュニティプラザ、産業プラザ、社会教育会館、図書館、ICU の各拠点には、送信元の拠点から RP である GeoStream を介してマルチキャストパッケージが正しく送信される。 産業プラザ、三鷹駅市政窓口、社会教育会館、コミュニティプラザ、図書館、ICU の各 TV 会議端末はユニキャストで市庁舎に設置されている IPv6 ビデオ会議サーバに接続可能であり、また、IPv6 ビデオ会議サーバが送信したマルチキャストパッケージは RP である GeoStream まで正しく送信され、GeoStream から産業プラザ、三鷹駅市政窓口、社会教育会館、コミュニティプラザ、図書館、ICU の各拠点へも正しく送信されている。
イ)	同時にユニキャスト等の別方式を使用するアプリケーションを動作させ影響を確認。	DVTS を使用しながら各コンテンツの再生を実行しても問題はなかった。
ウ)	監視装置等により各装置の CPU 使用率、回線使用率等を確認。	MRTG を使用し、回線使用率を確認し、使用帯域が設計帯域以下であることを確認した。また、アプリケーション動作中の入出力トラフィックも正常である。
エ)	回線部分のトラフィックを試験器にて解析	SmartProbe のトラフィック解析の結果、送信先 IP アドレスは使用したマルチキャストアドレスと同等であった。また、複数の DVTS 映像を複数のクライアントで受信した場合でも GR と GeoStream 間のマルチキャストパッケージの帯域は DVTS 一本の帯域である約 32Mbps であり、マルチキャストが正常に動作していると思われる。

### 3.1.3. IPv6 マルチキャストに適した映像コンテンツの選定と評価

#### 3.1.3.1. 検証概要

IPv6 マルチキャストに適したコンテンツや配信番組は何であるかの選定と評価を行う。

#### 3.1.3.2. 検証目的

「e!School ネットワーク」で使用する Windows Media Player の映像コンテンツとしては各種ビットレート(数 10bps～1.5Mbps 程度)のものが用意できる。ビットレートの小さいものは帯域は必要としないが、その代わり映像が荒くなる。またビットレートの大きいものはそれ相応の帯域は必要であるが、映像は繊細であり音もきれいである。

「e!School ネットワーク」では、各拠点の無線 LAN 端末や CATV 網で接続されたクライアントにて映像コンテンツを受信するが、ネットワークの負荷と映像品質の観点からどの程度のビットレートのコンテンツが適しているかその選定と評価を行う。

#### 3.1.3.3. 検証項目

本検証では VOD 配信サーバからクライアントに対して、デジタルビデオ映像や、映像コンテンツの配信を行い、以下の検証を行う。

##### (1) 通常の無線 LAN 端末における検証

ストリーミングレート、映像時間の異なる映像コンテンツを用意し、それを順番に再生し、映像のちらつきのありなし、ブロックノイズのありなし、ノイズのありなし、スムーズさを評価する。また、再生中に市庁舎の IX5005 ルータ、教育センターの IX5005 ルータ、GR ルータへの PING の応答時間を記録し、ネットワーク機器への影響度合いを調べる。同時に再生中のトラフィック量を SmartProbe にて測定し、回線容量に対する負荷を測定する。再生中は市庁舎の「VOD サーバ」の CPU 負荷も記録する。

##### (2) CATV 網で接続された無線 LAN 端末における検証

ストリーミングレート、映像時間の異なる映像コンテンツを用意し、それを順番に再生し、映像のちらつきのありなし、ブロックノイズのありなし、ノイズのありなし、スムーズさを評価する。

検証内容と評価基準を表 3.1.5 にまとめる。

表 3.1.5 検証2の検証内容と評価基準

項目	検証内容	評価基準
ア)	映像形式やストリーミングレート、映像時間の異なる各種映像コンテンツの配信を行いアプリケーションレベルでのコンテンツ配信状況を確認	映像形式や、ストリーミングレート、映像時間の異なる各種映像コンテンツの配信アプリケーションレベルにコンテンツ配信試験を通して、ネットワーク機器への通信状態の影響度合い、送受信装置の影響度合いを数値的に判断する。
イ)	配信時における配信用機器や装置のCPU使用率を確認	配信機器等のCPU能率に影響が無いこと。なお、具体的な数値基準については、様々なコンテンツを配信して得られた数値的な根拠から判断する。
ウ)	高速無線LANとCATV網で接続されたクライアントにおける通信遅延、受信品質、CPU使用率を確認	高速無線LANとCATV網で接続されたクライアントにおける通信遅延、受信品質劣化、受信音質、CPU能率に異常がないこと。
エ)	回線部分のトラフィックを試験器にて確認	様々なコンテンツを配信した時のネットワーク機器への影響や、回線容量に対するストリーミングレート、コンテンツ配信サーバの負荷状態、ウ)で使用するクライアントにおける受信品質などを総合的に判断して、IPv6マルチキャストのコンテンツとして適しているか。

### 3.1.3.4. 検証環境

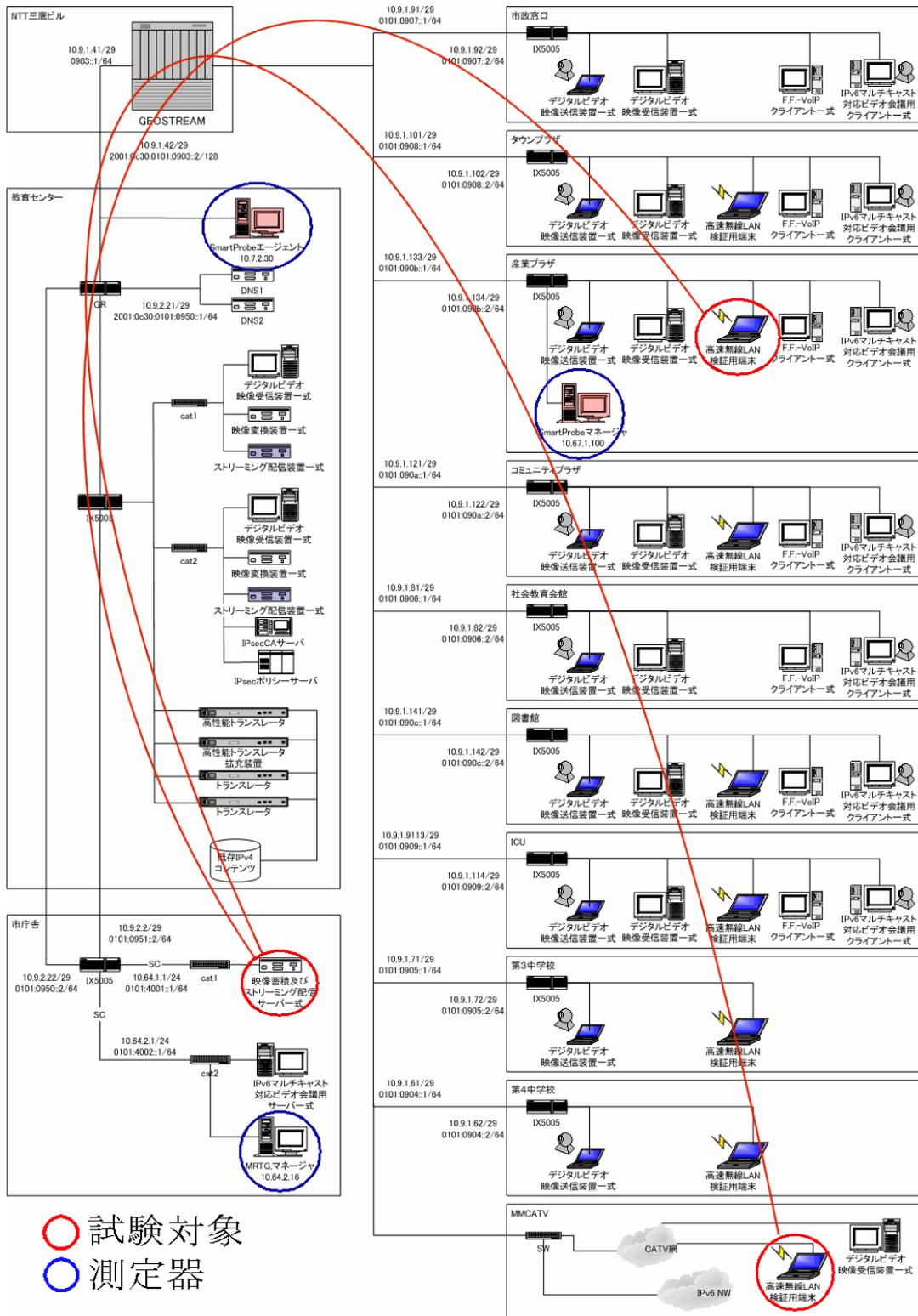


図 3.1.23 検証の試験対象と使用する測定器

### 3.1.3.5. 検証方法と結果

各項目について、検証手順と検証結果を述べる。

#### 3.1.3.5.1. ア) 映像形式やストリーミングレート、映像時間の異なる各種映像コンテンツの配信

##### (1) 検証方法

まず、次のストリーミングレートと再生時間をもつコンテンツを登録しておく。

表 3.1.6 検証に使用するコンテンツ一覧

No. 1	タイトル	ビットレート	再生時間
1	図書館 1	56kbps	5:23
2	図書館 2	98kbps	5:23
3	図書館 4	230kbps	5:23
4	図書館 5	355kbps	5:23
5	図書館 3	505kbps	5:23
6	図書館 6	705kbps	5:23
7	図書館 7	1506kbps	5:23
8	社会教育会館 1	56kbps	3:49
9	社会教育会館 2	98kbps	3:49
10	社会教育会館 4	230kbps	3:49
11	社会教育会館 5	355kbps	3:49
12	社会教育会館 3	505kbps	3:49
13	社会教育会館 6	705kbps	3:49
14	社会教育会館 7	1506kbps	3:49
15	アラビアンナイトの世界	230kbps	1:00:00
16	箱根みたか荘	230kbps	5:54
17	社会教育会館事業内容	230kbps	7:53

- ① 産業プラザの無線 LAN アクセスポイントにて用意したコンテンツを順番に再生し、映像のちらつきのありなし、ブロックノイズのありなし、ノイズのありなし、スムーズさを評価する。
- ② また、再生中に市庁舎の IX5005 ルータ、教育センターの IX5005 ルータ、GR ルータへの PING の応答時間を記録し、ネットワーク機器への影響度合いを調べる。

通常コンテンツは「三鷹ポータル」サイト内のコミュニティから再生したいコンテンツを選んで再生されるが、本検証ではネットワーク機器への通信状態の影響度合い、送受信装置の影響度合いを純粹に調査するため、市庁舎の VOD 配信サーバに直接接続して試験を行う。

本検証は無線 LAN 端末が 1 台の場合と 6 台の場合で実施する。

## (2) 検証結果

コンテンツを再生した場合次のような結果が得られた。

表 3.1.7 通常の無線 LAN 端末 1 台で再生した場合

No.	タイトル (ビットレート)	映像のち らつき	ノイズ	見易さ、荒さ	スムーズさ
1	図書館 1(56kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
2	図書館 2(98kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
3	図書館 4(230kbps)	なし	なし	△	スムーズ
4	図書館 5(355kbps)	なし	なし	○	スムーズ
5	図書館 3(505kbps)	なし	なし	○	スムーズ
6	図書館 6(705kbps)	なし	なし	○	スムーズ
7	図書館 7(1506kbps)	なし	なし	○	止まること あり
8	社会教育会館 1(56kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
9	社会教育会館 2(98kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
10	社会教育会館 4(230kbps)	なし	なし	△	スムーズ
11	社会教育会館 5(355kbps)	なし	なし	○	スムーズ
12	社会教育会館 3(505kbps)	なし	なし	○	スムーズ
13	社会教育会館 6(705kbps)	なし	なし	○	スムーズ
14	社会教育会館 7(1506kbps)	なし	なし	○	止まること あり
15	アラビアンナイトの世界 (230kbps)	なし	なし	○	スムーズ
16	箱根みたか荘(230kbps)	なし	なし	○	スムーズ
17	社会教育会館事業内容 (230kbps)	なし	なし	○	スムーズ

PING の応答時間は 3～6ms 程度であり、ネットワーク機器への影響度合いは軽微と考えられる。

表 3.1.8 通常の無線 LAN 端末 6 台で再生した場合

No.	タイトル (ビットレート)	映像のち らつき	ノイズ	見易さ、荒さ	スムーズさ
1	図書館 1 (56kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
2	図書館 2 (98kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
3	図書館 4 (230kbps)	なし	なし	△	スムーズ
4	図書館 5 (355kbps)	なし	なし	○	スムーズ
5	図書館 3 (505kbps)	なし	なし	○	スムーズ
6	図書館 6 (705kbps)	なし	なし	○	スムーズ
7	図書館 7 (1506kbps)	なし	なし	○	止まることあり
8	社会教育会館 1 (56kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
9	社会教育会館 2 (98kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
10	社会教育会館 4 (230kbps)	なし	なし	△	スムーズ
11	社会教育会館 5 (355kbps)	なし	なし	○	スムーズ
12	社会教育会館 3 (505kbps)	なし	なし	○	スムーズ
13	社会教育会館 6 (705kbps)	なし	なし	○	スムーズ
14	社会教育会館 7 (1506kbps)	なし	なし	○	止まることあり
15	アラビアンナイトの世界 (230kbps)	なし	なし	○	スムーズ
16	箱根みたか荘 (230kbps)	なし	なし	○	スムーズ
17	社会教育会館 事業内容 (230kbps)	なし	なし	○	スムーズ

PING の応答時間は 3～6ms 程度であり、ネットワーク機器への影響度合いは軽微と考えられる。

### (3) 結論・考察

56kbps、98kbps の映像は小さくて、見にくく、また 1506kbps の映像は途中で止ま

ることがあり、適していないと思われる。映像の大きさ、映像の品質から 230～705kbps が適しており、500kbps 程度でエンコードするのがバランスの面からも望ましいと思われる。

### 3.1.3.5.2. イ) 配信時における配信用機器や装置の CPU 使用率を確認

#### (1) 検証方法

3.1.3.5.1 を実施中にサーバの CPU 負荷とクライアントの CPU 負荷を記録する。また、市庁舎の IX5005 ルータの CPU 負荷を記録する。

#### (2) 検証結果

VOD サーバの CPU 負荷は 6 台同時再生時でも最大%程度である (図 3.1.24)。

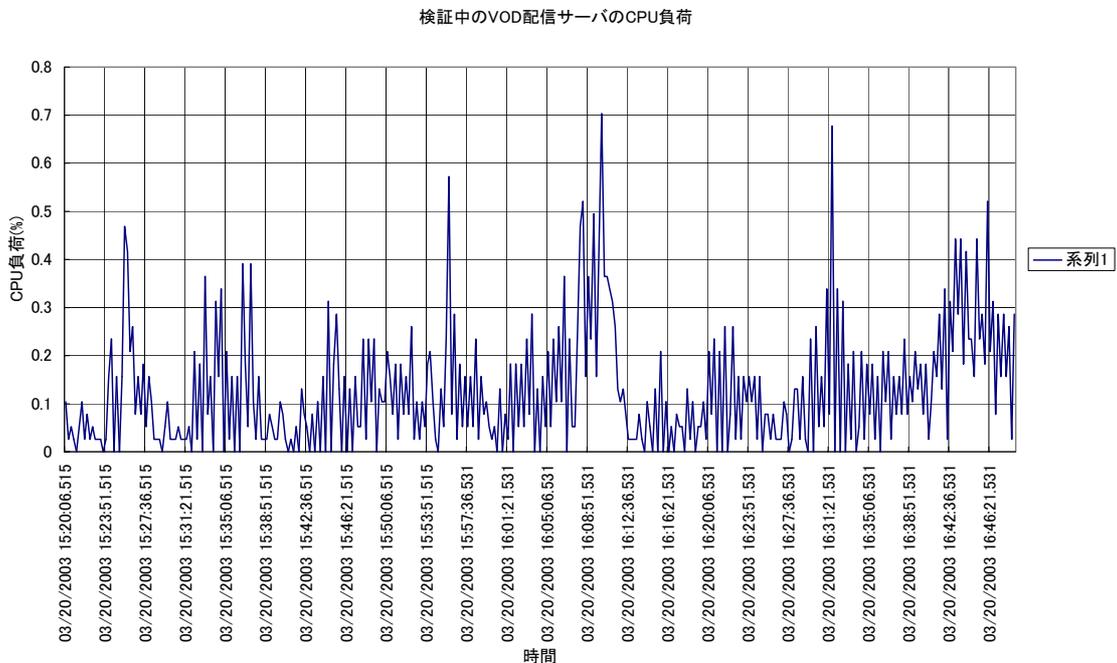


図 3.1.24 検証中の VOD サーバの CPU 負荷

各クライアントの CPU 負荷は低ビットレート 230kbps 以下のコンテンツ再生においては 20%以下、高ビットレート 355kbps 以上のコンテンツ再生においては 20～40%程度であった。

市庁舎の IX5005 ルータの CPU 負荷はほとんど増大せず数%でありコンテンツ再生の影響はほとんどない。

### (3) 結論・考察

今回の検証ではネットワーク機器や VOD サーバの負荷の増大はほとんど見られなかった。これは圧縮された Windows Media コンテンツのデコードはクライアントで行っているため、サーバは基本的にはコンテンツをストリームに直して送信しているにすぎないからだと思われる。ただし、クライアントの数が数百、数千のオーダーになった場合には再度検証を行い検討する必要があると思われる。

また、クライアント側であるが、再生中のクライアントの CPU 負荷は 20～40%と高いため、高速な CPU や高速なグラフィックカードが実装されている PC が必要である。

3.1.3.5.3. ウ) 高速無線 LAN と CATV 網で接続されたクライアントにおける通信遅延、受信品質、CPU 使用率を確認

(1) 検証方法

まず、次のストリーミングレートと再生時間をもつコンテンツを登録しておく。

表 3.1.9 検証に使用するコンテンツ一覧

No. 1	タイトル	ビットレート	再生時間
1	図書館 1	56kbps	5:23
2	図書館 2	98kbps	5:23
3	図書館 4	230kbps	5:23
4	図書館 5	355kbps	5:23
5	図書館 3	505kbps	5:23
6	図書館 6	705kbps	5:23
7	図書館 7	1506kbps	5:23
8	社会教育会館 1	56kbps	3:49
9	社会教育会館 2	98kbps	3:49
10	社会教育会館 4	230kbps	3:49
11	社会教育会館 5	355kbps	3:49
12	社会教育会館 3	505kbps	3:49
13	社会教育会館 6	705kbps	3:49
14	社会教育会館 7	1506kbps	3:49
15	アラビアンナイトの世界	230kbps	1:00:00
16	箱根みたか荘	230kbps	5:54
17	社会教育会館事業内容	230kbps	7:53

- ① MMCA TV 内に試験用に用意した無線 LAN アクセスポイントにて用意したコンテンツを順番に再生し、映像のちらつきのありなし、ブロックノイズのありなし、ノイズのありなし、スムーズさを評価する。
- ② コンテンツ再生中は最小 CPU 負荷、最大 CPU 負荷を記録する。
- ③ コンテンツ再生中にコンテンツ再生サーバへの PING の応答時間を記録し、著しい遅れやばらつきがないか調査する。

(2) 検証結果

「映像のちらつき」、「ノイズ」、「見易さ」、「荒さ」、「スムーズさ」は下記のとおりであった。

表 3.1.10 CATV 網で接続された無線 LAN 端末で再生した場合

No.	タイトル	映像のちらつき	ノイズ	見易さ、荒さ	スムーズさ
1	図書館 1(56kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
2	図書館 2(98kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
3	図書館 4(230kbps)	なし	なし	△	スムーズ
4	図書館 5(355kbps)	なし	なし	○	スムーズ
5	図書館 3(505kbps)	なし	なし	○	スムーズ
6	図書館 6(705kbps)	なし	なし	○	スムーズ
7	図書館 7(1506kbps)	なし	なし	○	止まることあり
8	社会教育会館 1(56kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
9	社会教育会館 2(98kbps)	なし	なし	映像小さく×	スムーズ
10	社会教育会館 4(230kbps)	なし	なし	△	スムーズ
11	社会教育会館 5(355kbps)	なし	なし	○	スムーズ
12	社会教育会館 3(505kbps)	なし	なし	○	スムーズ
13	社会教育会館 6(705kbps)	なし	なし	○	スムーズ
14	社会教育会館 7(1506kbps)	なし	なし	○	止まることあり
15	アラビアンナイトの世界 (230kbs)	なし	なし	○	スムーズ
16	箱根みたか荘(230kbps)	なし	なし	○	スムーズ
17	社会教育会館 事業内容 (230kbs)	なし	なし	○	スムーズ

各クライアントの CPU 負荷は低ビットレート 230kbps 以下のコンテンツ再生においては 20%以下、高ビットレート 355kbps 以上のコンテンツ再生においては 20～40%程度であった。

コンテンツサーバへの PING 応答時間は、再生中も非再生中も 7～15ms で安定した。

### 3.1.3.5.4. エ) 回線部分のトラフィックを試験器にて確認

#### (1) 検証方法

3.1.3.5.1 を実施中に SmartProbe にて GeoStream と GR ルータ間のトラフィックを測定する。

#### (2) 検証結果

3.1.3.5.1 の 6 台再生を実施中に GR ルータから GeoStream に流れるトラフィックを測定したものが図 3.1.25 である。

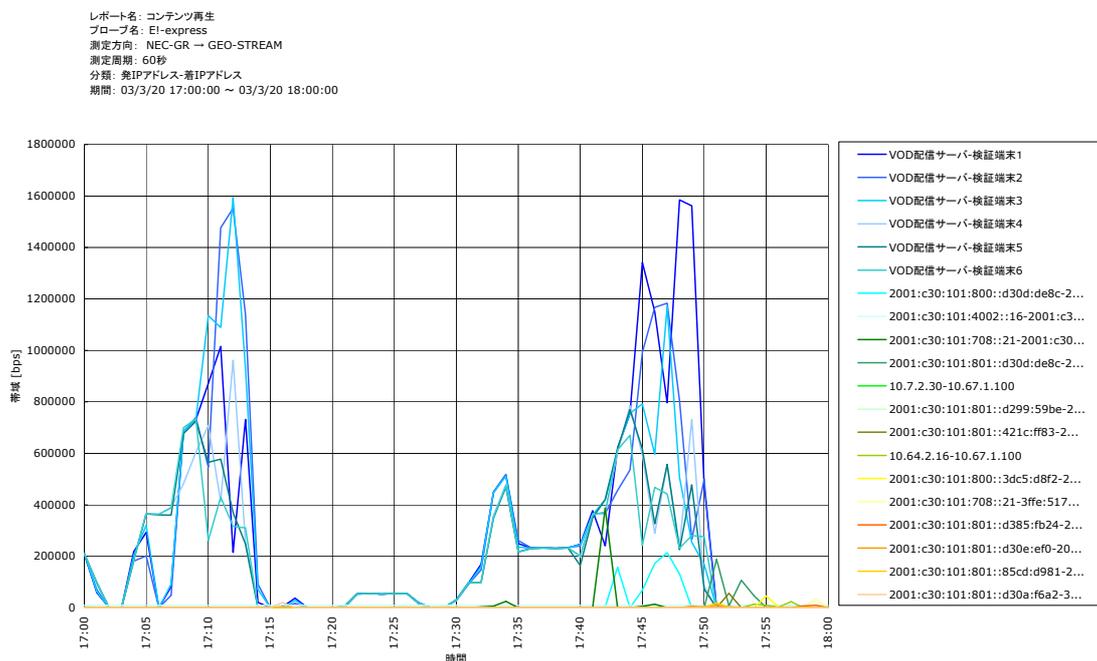


図 3.1.25 検証ア) 実施中のトラフィック測定結果

図は IP 別のトラフィックを表しており、線 1 本、1 本が違う IP 同士の通信を表している。トラフィック量の多い青系統の線が VOD サーバと再生クライアントのトラフィックを表している。大きな 2 つの山は 1506kbps のコンテンツを再生したときのものである。全体の傾向から見ると、Windows Media Video のビットレートはほぼ帯域に等しいと考えてよさそうであるが、400kbps を越えたあたりから線がばらけて、各端末のばらつきが始まる。そして 1Mbps を越えるとそれ以上帯域が上がらない端末が発生し、ア) の検証結果のように見た目にも動きが停止したりする。

本検証中ではパフォーマンスモニタを使用して VOD サーバの CPU 負荷と同時に Network Interface の入出力トラフィックも記録した。その結果が図 3.1.26 である。

こちらは最大 560kbps 程度 of 出力トラフィックであり、1506kbps のコンテンツを再生した際も 1Mbps 以上は記録されていないのがわかる。SmartProbe の結果と比較して値が小さめなのは、おそらくパフォーマンスモニタは 15 秒周期で値をピックアップしているだけで、計測精度が低いと考えられる。それを差し引いて考えても、実際に 1Mbps 以上のトラフィックが継続して出力されていたとは考えにくい。

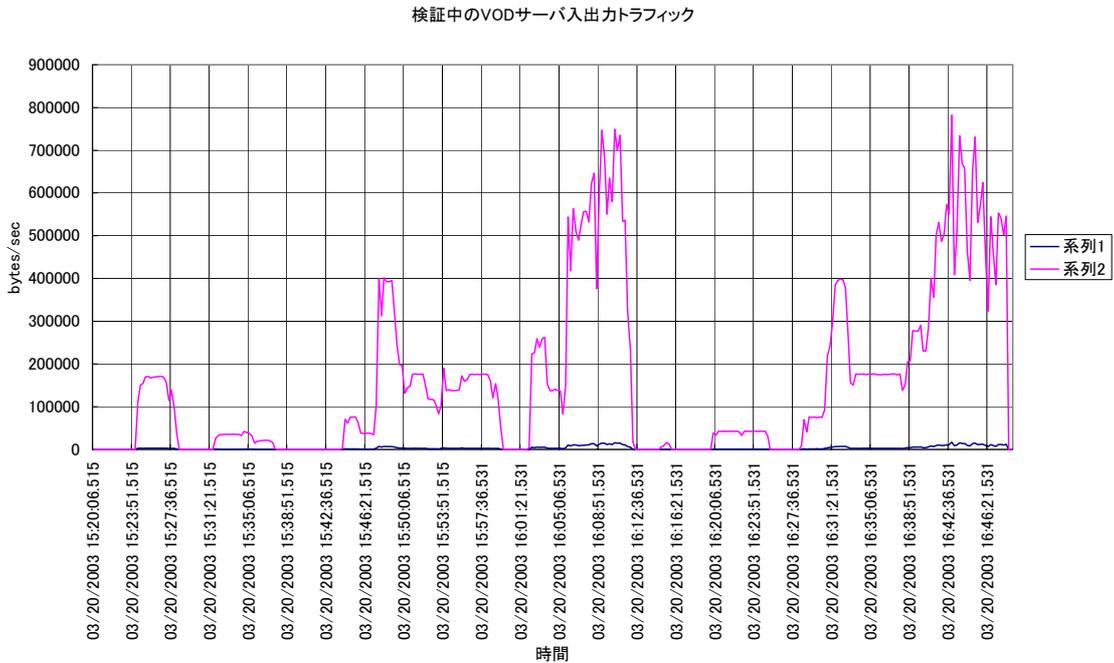


図 3.1.26 試験中の VOD サーバの入出力トラフィック

### (3) 結果と考察

Windows Media Video のビットレートは 400kbps 以内ならばほぼ帯域に等しいと考えてよいと思われるが、400kbps を越えたあたりから各端末のばらつきが出始める。Windows Media のビットレートは最大値であり、Windows Media Player が持っているバッファが減少傾向になると、接続ビットレートを動的に変更する可能性があるため、そうした仕様がばらつきに影響していると考えられる。

また、ほとんどの端末へ向けてのトラフィックは 1Mbps 以下である。VOD サーバの Network Interface の出力トラフィック記録を見ても 1Mbps 以下である。実際に 1Mbps 以上のコンテンツはたとえクライアント数が 1 台であっても停止することがあり正常に再生できない。この原因であるが、VOD サーバの CPU 負荷には余裕があることから、CPU 速度の問題ではなく、再生端末のグラフィック再生能力によるものである可能性が高い。

「e!三鷹モデル」のネットワークにおいては、再生端末と各拠点に置かれた IX5003 間の帯域は 100Mbps、各ルータ間の帯域は 1Gbps である。ユニキャストの場合各端末と VOD 配信サーバとの間に接続が張られるため、端末台数×ビットレートに応じた帯域が必要である。「e!school ネットワーク」の場合 1Mbps 以下のビットレートの場合、全体では 1Gbps/0.01Gbps で 1000 台までの端末の帯域を確保している。これは、端末台数を十分に上回っており、ユニキャストのコンテンツ再生においても帯域が十分確保されている。

3.1.3.6. まとめ

表 11 検証内容と検証結果のまとめ

項目	検証内容	検証結果
ア)	映像形式やストリーミングレート、映像時間の異なる各種映像コンテンツの配信を行いアプリケーションレベルでのコンテンツ配信状況を確認	56kbps、98kbps の映像は小さくみにくく、また 1506kbps の映像は途中で止まることもあり、適していないと思われる。映像の大きさ、映像の品質から 230~705kbps が適しており、500kbps 程度でエンコードするのがバランスの面からも望ましい
イ)	配信時における配信用機器や装置の CPU 使用率を確認	今回の検証ではネットワーク機器や VOD サーバの負荷の増大はほとんど見られなかった。サーバはコンテンツをストリームに直して送信しているにすぎず、デコードを行っていないからだと思われる。ただし、クライアントの数が数百、数千のオーダーになった場合には再度検証を行い検討する必要があると思われる。 また、クライアント側はデコードを行うため、再生中の CPU 負荷は 20~40% と高い。高速な CPU や高速なグラフィックカードが実装されている PC が必要である。
ウ)	高速無線 LAN と CATV 網で接続されたクライアントにおける通信遅延、受信品質、CPU 使用率を確認	CATV 網を介さずに接続された無線 LAN 端末同様 56kbps、98kbps の映像は小さくみにくく、また 1506kbps の映像は途中で止まることがあった。再生品質は CATV 網を介さずに接続された無線 LAN 端末と同様であった。 各クライアントの CPU 負荷は 20~40% 程度であった。コンテンツサーバへの PING 応答時間は、再生中も非再生中も 7~15ms で安定した。
エ)	回線部分のトラフィックを試験器にて確認	Windows Media Video のビットレートは 400kbps 以内ならばほぼ帯域に等しいと考えてよさそうであるが、400kbps を越えたあたりから各端末のばらつきが出る。この点からもコンテンツのビットレートは 500kbps 程度にするのがよい

### 3.1.4. IPv6 マルチキャストを用いた大容量・高画質の動画像を効率的に配信できる技術の 検証と評価

#### 3.1.4.1. 検証概要

実際の利用を想定して大容量、高画質の動画像を多くのクライアントに対して効率的に配信するネットワーク技術の検証と評価を行う。

#### 3.1.4.2. 検証の目的

実際のネットワークの運用においては、デジタルビデオ映像送受信を行いながらコンテンツの受信を実施したりするなど、大容量の通信を複数発生する。そのため、本検証ではそのような実際の利用を想定して正しくネットワークが機能するか検証することが目的である。

#### 3.1.4.3. 検証項目

次のような検証を行う。

##### (1) 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーにおいては教育センタからキックオフ風景が DVTS にて配信され、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各 DV 映像受信装置にて受信する。また、配信された映像は第三小学校、第四中学校の各無線 LAN 端末にて Windows Media Player を使用し受信する。

##### (2) 無線 LAN 端末での Windows Media コンテンツ受信

第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。この動画を産業プラザの複数の無線 LAN 端末にて Windows Media Player を使用し受信する。検証中のトラフィックは SmartProbe と MRTG を利用し測定する。

##### (3) DVTS と Windows Media コンテンツ再生の混在環境下での検証

第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。この動画を Windows Media Player を使用し第三小学校、図書館、産業プラザにて受信する。同時に DVTS 画像を図書館からマルチキャストで配信し、産業プラザにて受信できることを確認する。また、コンテンツも同時に受信できることを確認する。検証中のトラフィックは SmartProbe と MRTG を利用し測定する。

本検証の検証内容と検証評価をまとめたものを表 3.1.12 に示す。

表 3.1.12 検証内容と評価基準

項目	検証内容	評価基準
ア)	ルータ等のネットワーク機器のインタフェースについて、リアルタイムのトラフィックを確認	ネットワーク機器にトラフィック異常（頭打ち等）が無いことを確認
イ)	受信側での映像品質（画質・音質・遅延など）の確認	アプリケーションレベルで、クライアント数が少ない場合と同等の映像品質を備えること
ウ)	送信側でのアウトプットパケットの確認	送信側でパケットロスやエラーが無いこと
エ)	受信側でのインプットパケットの確認	受信側でパケットロスやエラーが無いこと
オ)	ネットワーク機器の CPU 使用率などの確認	ネットワーク機器の CPU 能率に異常がないこと

### 3.1.4.4. 検証環境

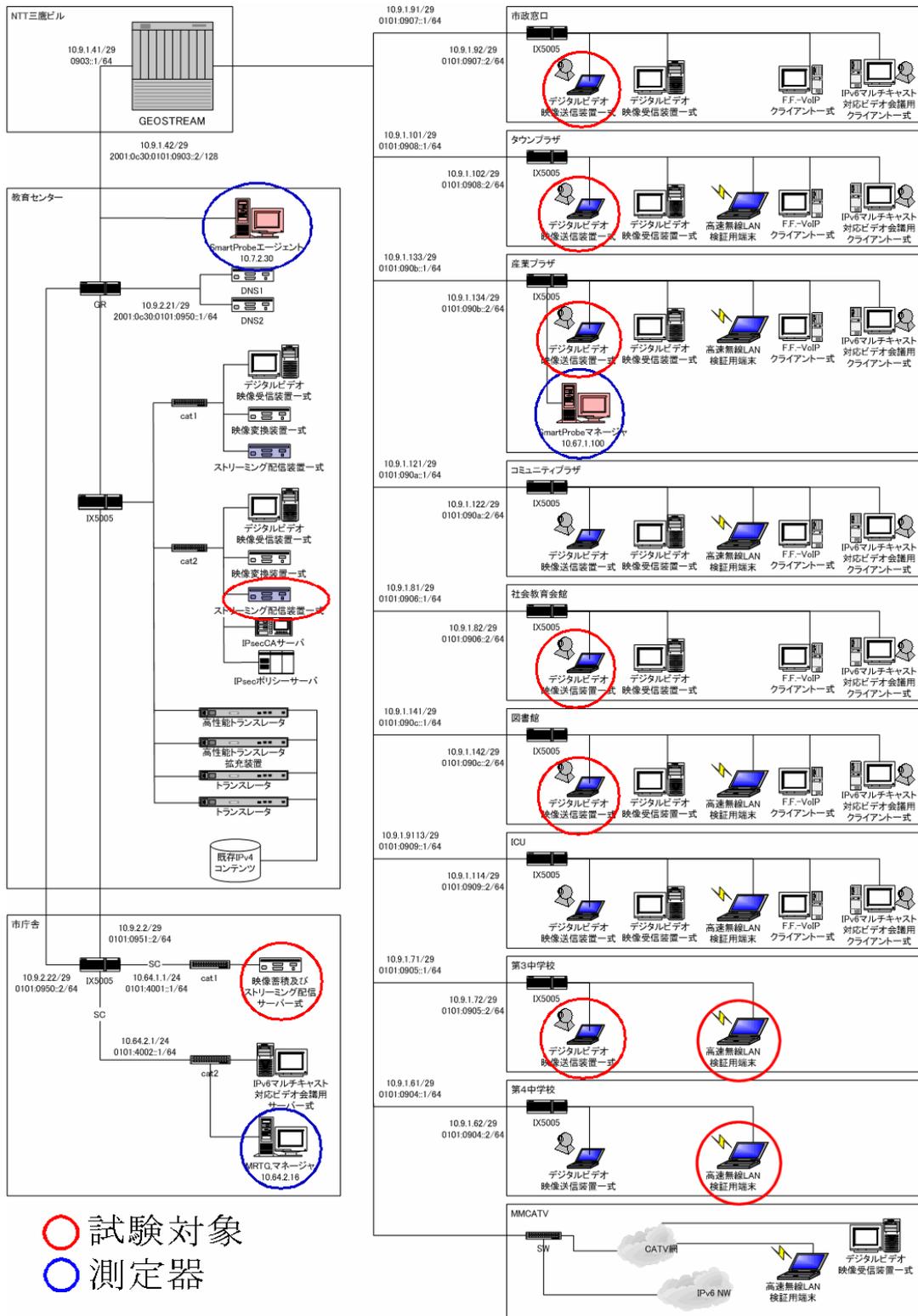


図 3.1.27 試験対象と検証で使用する測定器

### 3.1.4.5. 検証方法と結果

各項目について、検証手順と検証結果を述べる。

#### 3.1.4.5.1. ア) ルータ等のネットワーク機器のインタフェースについて、リアルタイムのトラフィックを確認

##### (1) 検証方法

###### ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーの公開セッションの間、ロビー及び大研修室内キックオフ風景三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点に DVTS 映像が配信されおり、各拠点の IX5003 ルータにおけるトラフィックを MRTG を使用して測定する。

ア. 教育センタから配信される DVTS トラフィックと WMT トラフィックを SmartProbe にて測定する。

イ. 三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点に設置されている IX5003 ルータの入力、出力帯域を MRTG を使用し測定する。

###### ② 無線 LAN 端末での Windows Media コンテンツ受信

ア. 第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。

イ. この動画を産業プラザの 6 台の無線 LAN 端末にて Windows Media Player を使用し受信する。

ウ. 検証中のトラフィックは第三小学校及び、産業プラザの IX5003 ルータにおけるトラフィックを MRTG を使用して測定する。

###### ③ DVTS と Windows Media コンテンツ再生の混在環境下での検証

ア. 第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。

イ. この動画を Windows Media Player を使用し第三小学校、図書館、産業プラザにて受信する。

ウ. 同時に DVTS 画像を図書館からマルチキャストで配信し、産業プラザにて受信できることを確認する。また、コンテンツも同時に受信できることを確認する。

エ. 検証中のトラフィックは MRTG を利用し測定する

## (2) 検証結果

### ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

図 3.1.28 は三鷹駅市政窓口、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU、第三小学校、第四中学校の各拠点の MRTG で測定した入力トラフィックである。各拠点で安定して 32Mbps 程度の DVTS のトラフィックが計測されており、特別な異常は認められない。

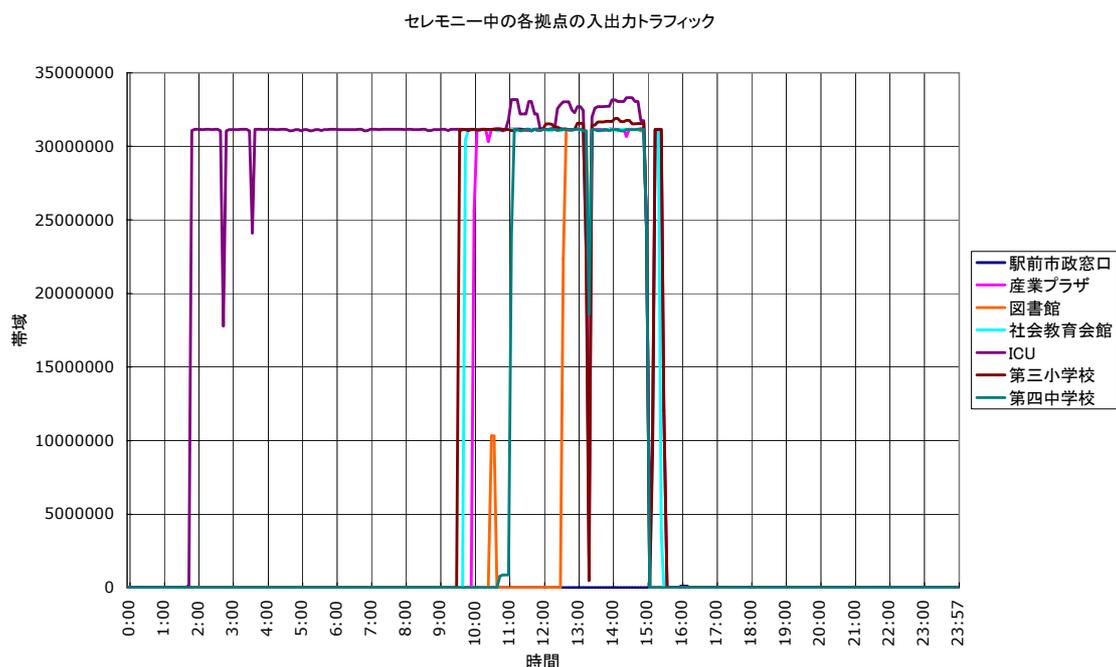


図 3.1.28 セレモニー中の各拠点の入力トラフィック

### ②無線 LAN 端末での Windows Media コンテンツ受信

図 3.1.29 は教育センタ及び、産業プラザの IPv6 マルチキャスト対応高性能 IP ルータにおける入出力トラフィックを MRTG を使用して測定したものである。第三小学校から配信された DVTS ストリームは教育センタに設置されている映像変換装置にて WMV 形式に変換され、IPv6 対応ネットワーク型コンテンツ制御実証実験用動画配信サーバにて配信される。この際ビットレートは約 500kbps で配信されるため、ユニキャストで配信されるコンテンツは  $500 \times 6 = 3\text{Mbps}$  程度のトラフィックが期待される。産業プラザにおいて 3Mbps 程度のトラフィックが計測されており、これはビットレートから期待される帯域とほぼ一致する。

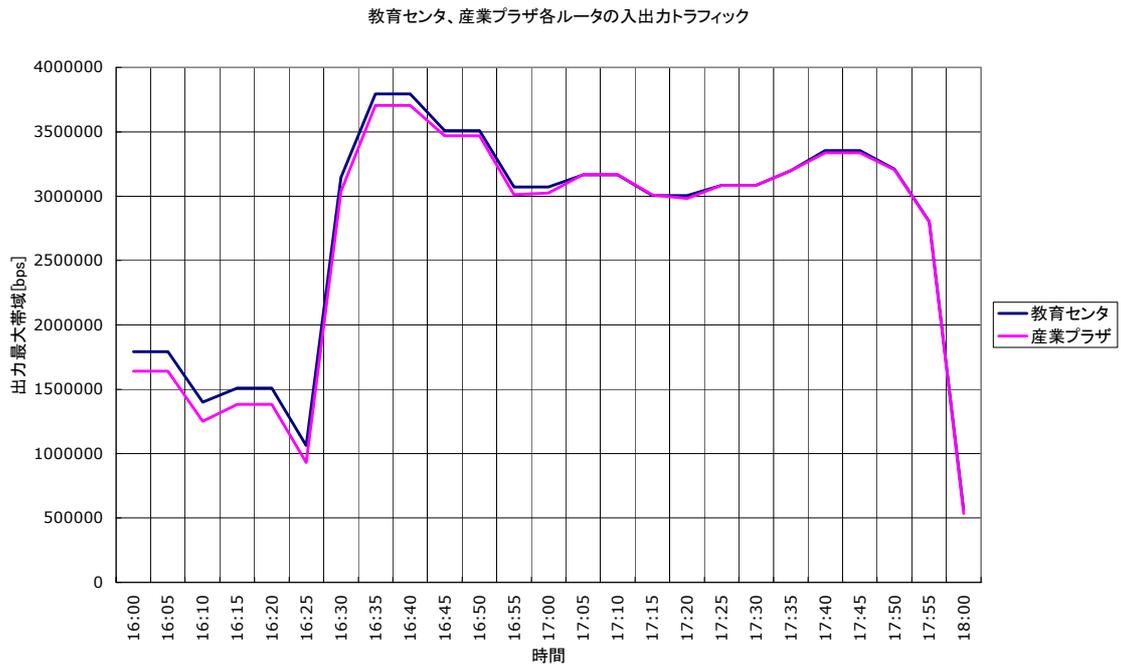


図 3.1.29 教育センタの IX5003 ルータの出力、産業プラザの IX5003 ルータの入カトラフィック

③DVTS と Windows Media コンテンツ再生の混在環境下での検証

図 3.1.30 は第三小学校、図書館、産業プラザの IX5003 ルータにおける入出力トラフィックを MRTG を使用して測定したものである。DVTS の映像は 32Mbps の帯域を使用するのに対し、Windows Media は 500kbps 程度であり、各ルータにおける入出力トラフィックというくくりで見た場合、Windows Media のトラフィックは埋もれてしまいわかりづらい。ここでは、DVTS のトラフィックに着目すると、第三小学校で DVTS×2 の出力トラフィック (64Mbps)、図書館で DVTS×1 の出力トラフィック (32Mbps)、産業プラザで入力トラフィック (32Mbps) が問題なく確認でき、Windows Media Player の影響は認められない。

第三小学校、図書館、産業プラザ各ルータの入出力トラフィック

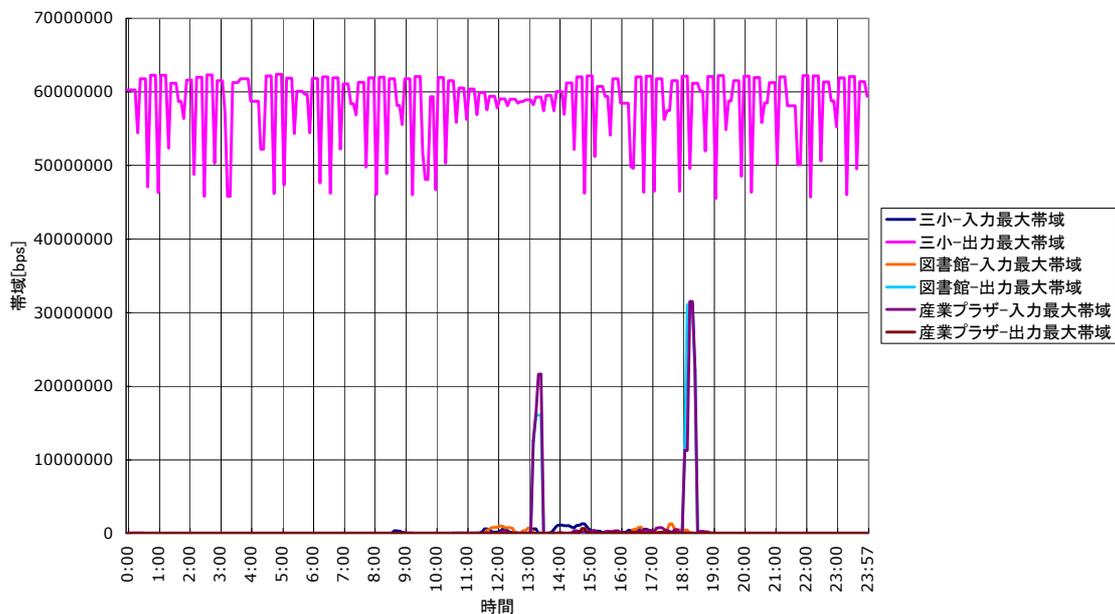


図 3.1.30 第三小学校、図書館、産業プラザ各ルータの入出力トラフィック

### (3) 結果と考察

ネットワーク機器にトラフィック異常等は認められず、トラフィックは正しく配信された。

#### 3.1.4.5.2. イ) 受信側での映像品質（画質・音質・遅延など）の確認

##### (1) 検証方法

###### ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーの公開セッションの間、教育センターのロビー及び大研修室内キックオフ風景、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点に DVTS 映像が配信されおり、各拠点において映像のちらつき、ブロックノイズのありなしを確認する。

###### ② 無線 LAN 端末での Windows Media コンテンツ受信

第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。この動画を産業プラザの複数の無線 LAN 端末にて Windows Media Player を使用して受信し、映像のちらつき、ブロックノイズのありなしを確認する。

③DVTS と Windows Media コンテンツ再生の混在環境下での検証

- ア. 第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。
- イ. この動画を Windows Media Player を使用し第三小学校、図書館、産業プラザにて受信し、映像のちらつき、ブロックノイズの有無を確認する。
- ウ. 同時に DVTS 画像を図書館からマルチキャストで配信し、産業プラザにて受信できることを確認し、映像のちらつき、ブロックノイズの有無を確認する。

(2) 検証結果

① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

表 3.1.13 各拠点の DVTS 映像品質

拠点名称	ちらつき	ブロックノイズ	なめらかさ
三鷹駅市政窓口	なし	なし	良好
タウンプラザ	なし	なし	良好
産業プラザ	なし	なし	良好
図書館	なし	なし	良好
社会教育会館	なし	なし	良好
ICU	なし	なし	良好

②Windows Media コンテンツ無線 LAN 端末での受信

6 台すべての無線 LAN 端末にてちらつき、ブロックノイズはなく、なめらかに再生された。

③DVTS と Windows Media コンテンツ再生の混在

第三小学校、図書館、産業プラザの各無線 LAN 端末にてちらつき、ブロックノイズはなく、なめらかに再生された。

(3) 結果と考察

ちらつきやブロックノイズなどは確認されず、受信側での映像品質は良好であった。トラフィック解析の結果を考慮に入れると、ネットワークの帯域には余裕があり、クライアント数が増大しても問題はないと思われる。

### 3.1.4.5.3. ウ) 送信側でのアウトプットパケットの確認

#### (1) 検証方法

##### ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーの公開セッションの間、教育センターのロビー及び大研修室内キックオフ風景が DVTS を使用し配信される。このトラフィックは教育センターの GR ルータで出力され、NTT 三鷹ビルにある GeoStream へ送信され、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点へ配信される。このため、教育センターの GR ルータの DVTS 送信クライアントに接続されたポートの入力トラフィックと GeoStream へ接続されたポートの出力トラフィックを MRTG を使用して測定し、なおかつ GR ルータから GeoStream へ送信されるトラフィックを SmartProbe を使用して測定する。この 3 つのトラフィック量が一致していること、及び、DVTS ストリームの帯域である約 32Mbps であることを確認する。

##### ② Windows Media コンテンツ無線 LAN 端末での受信

第三小学校から DVTS を使用して送信されたストリームは教育センターにある、映像変換装置にて Windows Media Video 形式に変換され、そのトラフィックは GR ルータから出力される。このため、教育センターの GR ルータの出力トラフィックを MRTG を使用して測定し、なおかつ GR ルータから GeoStream へ送信されるトラフィックを SmartProbe を使用して測定する。この 2 つのトラフィック量が一致していること、またそのトラフィック量がビットレートと比較して調和的であることを確認する。

#### (2) 検証結果

##### ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

図 3.1.31 は MRTG で測定した GR ルータの DVTS 端末からの入力トラフィックと GeoStream への出力トラフィックである。DVTS の出力トラフィック約 32Mbps が安定して記録されている。

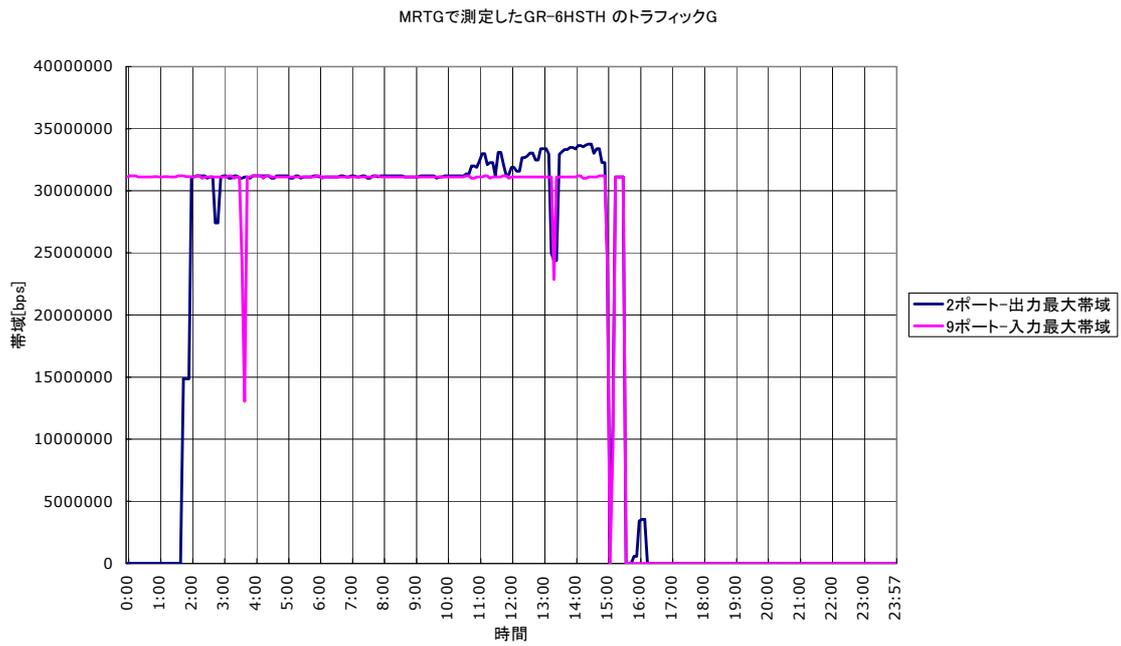


図 3.1.31 MRTGで測定したGR ルータ のトラフィック

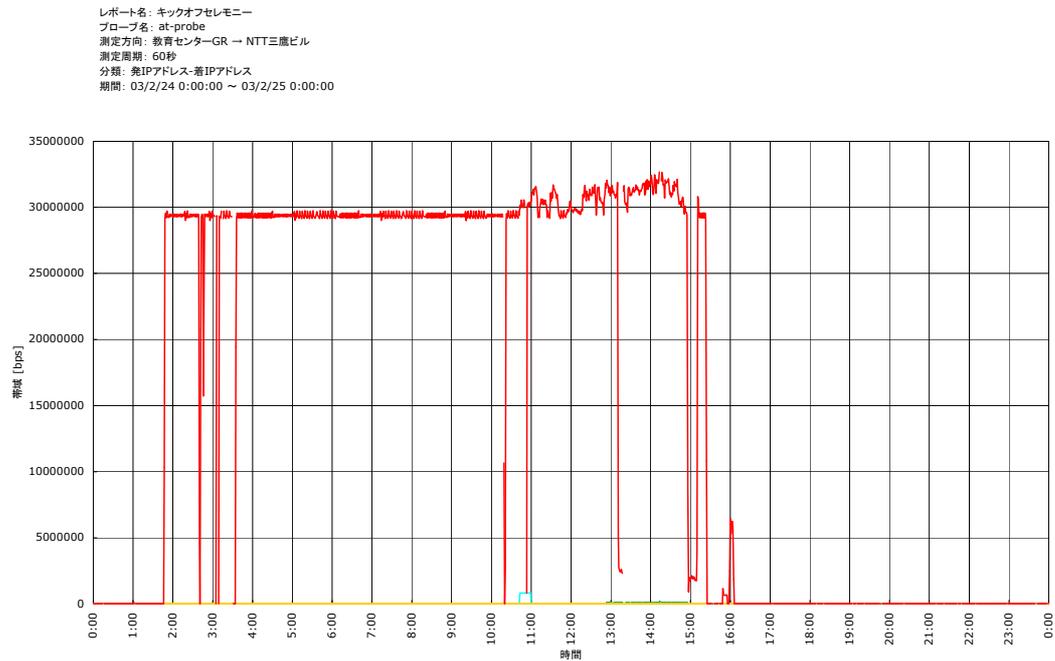


図 3.1.32 SmartProbe で解析したGR ルータ → GeoStream のトラフィック

図 3.1.32 は SmartProbe で解析した GR ルータから GeoStream へ流れるトラフィックである。MRTG と比較するとほぼ一致しており、GR ルータへの入力される DVTS

ストリーム、GR ルータから GeoStream へ出力される DVTS ストリーム及び、GR ルータと GeoStream 間の実際のトラフィックの間に大きな差異がないことから、送信側でパケットロスやエラーは認められないと考えられる。

## ②Windows Media コンテンツ無線 LAN 端末での受信

図 3.1.33 は教育センターの GR ルータの出力トラフィックを MRTG を使用して測定したものである。また、図 3.1.34 は GR ルータから GeoStream へ送信されるトラフィックを SmartProbe を使用して測定したものである。IP 別トラフィックの総和は GR ルータの出力トラフィックを MRTG で測定したものとほぼ一致する。このことから送信側でパケットロスやエラーはほぼないと考えられる。

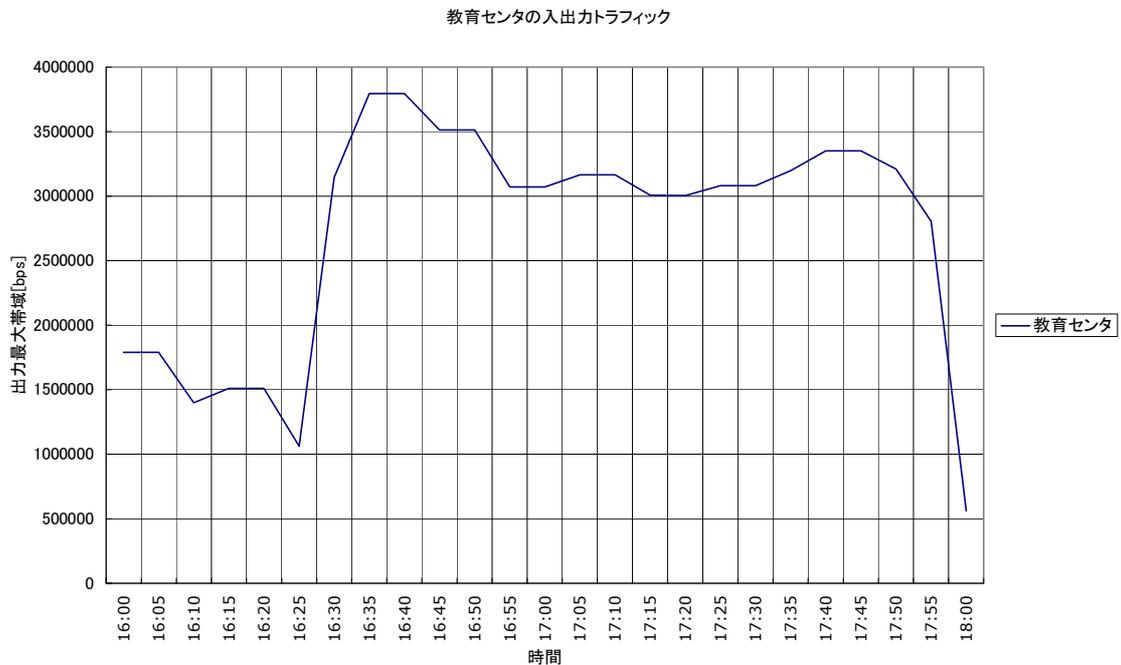


図 3.1.33 MRTG で測定した GR ルータの出力トラフィック

レポート名: コンテンツ再生  
 プロブ名: E!-express  
 測定方向: NEC-GR → GEO-STREAM → NEC-GR  
 測定周期: 60秒  
 分類: 発IPアドレス-着IPアドレス  
 期間: 03/3/17 16:30:00 ~ 03/3/17 17:30:00

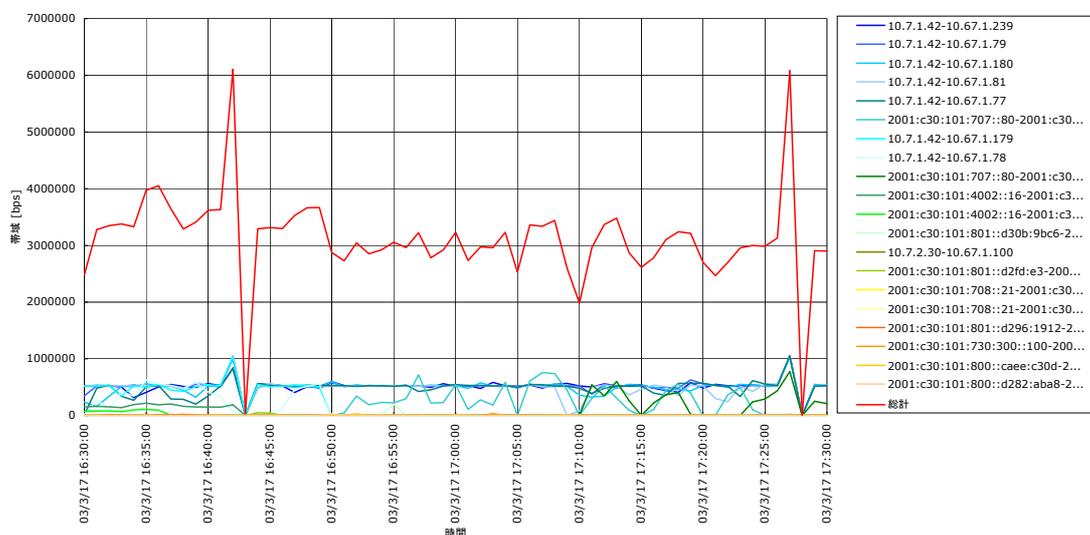


図 3.1.34 SmartProbe で測定した GR ルーター→GeoStream 間のトラフィック

### (3) 結果と考察

送信側でパケットロスやエラーは認められなかった。

#### 3.1.4.5.4. エ) 受信側でのインプットパケットの確認

##### (1) 検証方法

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーの公開セッションの間、教育センタのロビー及び大研修室内キックオフ風景が DVTS を使用し配信される。このトラフィックは教育センタの GR ルータから、NTT 三鷹ビルにある GeoStream へ送信され、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点へ配信される。このため、以下の点を確認する。

①三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点の DV 映像受信装置にてパケット取りこぼし数を出力し、とりこぼし数が 100 パケット以下であることを確認する。

②各拠点の IX5003 ルータの GeoStream へ接続されているポート、及び、デジタルビデ

オ受信装置側のポートのトラフィックを MRTG にて測定し、差異がないこと及び、DVTS ストリームの 32Mbps であることを確認する。

③GR ルータから GeoStream へ送信されるトラフィックを SmartProbe を使用して測定し、MRTG と測定結果と差異がないことを確認する。

## (2) 検証結果

DV 映像受信装置において、DVTS の取りこぼしパケット数は、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点とも 100 パケット以下であった。

図 3.1.35 は、各拠点の IX5003 ルータ入力トラフィックと出力トラフィックの差異を表したものである。ICU を除き差異はほぼ百 kbps 以内であり、入力パケットがほぼそのままデジタルビデオ受信装置にて使用されている。また、各拠点の入力トラフィック（図 3.1.28）と GR ルータから GeoStream へ送信されるトラフィックを SmartProbe を使用して測定したもの（図 3.1.35）と比べると、2Mbps 弱の差異があるが、これは SmartProbe が MAC ヘッダをトラフィック量に入れられない仕様のためであり、そのための誤差と考えられる。以上のことから、受信側でパケットロスやエラーがないと考えられる。

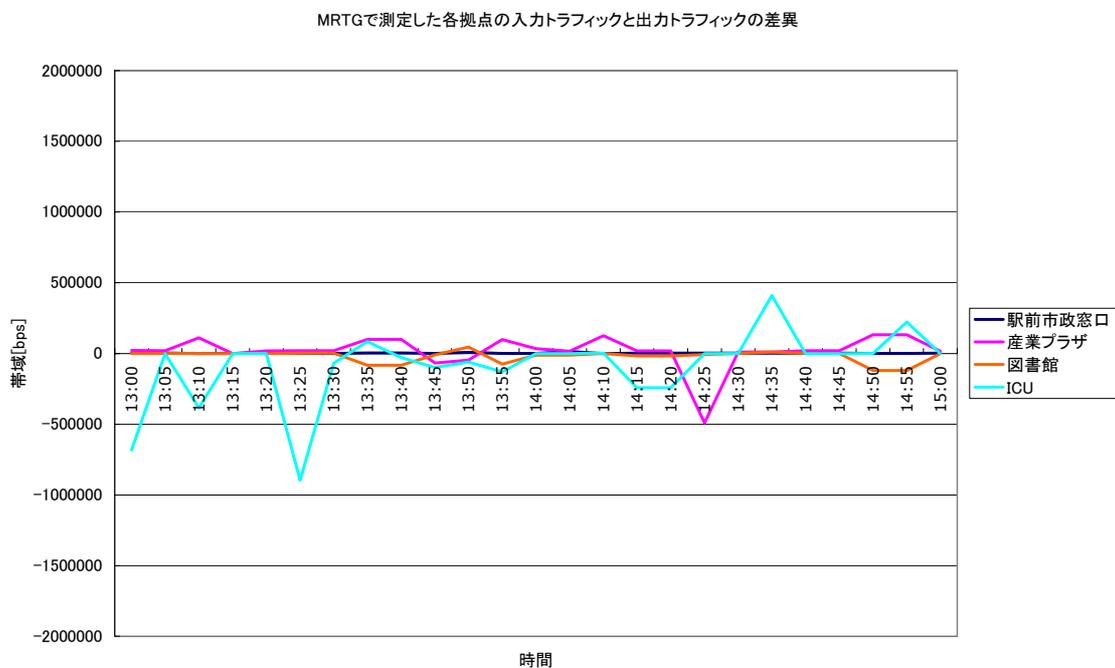


図 3.1.35 MRTG で測定した各拠点の入力トラフィックと出力トラフィックの差異

### (3) 結果と考察

受信側でパケットロスやエラーはほとんど認められなかった。100kbps 程度の誤差はマルチキャストパケットが UDP で送信されているため多少なりともパケットロスが発生するためと、DVTS にも多少なりとも取りこぼしが発生するためだと思われる。

#### 3.1.4.5.5. オ) ネットワーク機器の CPU 使用率などの確認

##### (1) 検証方法

###### ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーの公開セッションの間、教育センターのロビー及び大研修室内キックオフ風景が DVTS を使用し配信される。このトラフィックは教育センターの GR ルータから、NTT 三鷹ビルにある GeoStream へ送信され、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各拠点へ配信される。また、1st セッションにおいては第三小学校及び、第四中学校から DVTS 映像が送信され、教育センターにある IX5005 ルータを通して映像変換装置に送られる。このため、CPU 負荷率が MRTG にて取得可能な教育センターの IX5005 ルータ及び、各拠点の IX5003 ルータの CPU 負荷率をセレモニー中記録する。

###### ②無線 LAN 端末での Windows Media コンテンツ受信

第三小学校から DVTS を使用し画像配信を行う。このストリームは教育センターにある IX5005 ルータを通して映像変換装置に送られる。また、映像変換装置で変換されたコンテンツは動画配信サーバから配信される。この動画を産業プラザの複数の無線 LAN 端末にて Windows Media Player を使用し受信する。この際、教育センターの IX5005 ルータ及び、産業プラザの IX5003 ルータの CPU 負荷を MRTG を使用して記録する。

(2) 検証結果

- ① 「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニー時における検証  
各ルータの最大 CPU 負荷、最小 CPU 負荷を表 3.1.14 に示す。

表 3.1.14 検証中の各ルータの最大 CPU 負荷

拠点名	ルータ名	最大 CPU 負荷	最小 CPU 負荷
教育センタ	IX5005 ルータ	24%	18%
三鷹駅市政窓口	IX5003 ルータ	5%	3%
産業プラザ	IX5003 ルータ	6%	5%
図書館	IX5003 ルータ	4%	3%
社会教育会館	IX5003 ルータ	5%	3%
ICU	IX5003 ルータ	5%	3%

- ②無線 LAN 端末での Windows Media コンテンツ受信  
各ルータの最大 CPU 負荷、最小 CPU 負荷を表 3.1.15 に示す。

表 3.1.15 検証中の各ルータの最大 CPU 負荷

拠点名	ルータ名	最大 CPU 負荷	最小 CPU 負荷
教育センタ	IX5005 ルータ	19%	16%
産業プラザ	IX5003 ルータ	7%	5%

(3) 結論・考察

一般にルータの負荷はルーティングテーブルの参照回数と TCP の接続数の数、トラフィック量に依存する。教育センタの IX5005 には DNS 2 台とトランスレータが接続されており、名前解決を行うたびにこのルータが参照されることになり、ルーティングテーブルの参照回数や接続回数が他のルータ比べて多い。このため、教育センタの IX5005 ルータは負荷が高いと考えられる。現状では問題がないレベルであるが、今後クライアント数、市民 e モニタの増大が見込まれる場合には、負荷が高くなることも予想されるため、より高性能なルータへの変更や接続機器構成の見直しの必要があるかもしれない。

3.1.4.6. まとめ

表 3.1.16 検証内容と検証結果

項目	検証内容	検証結果
ア)	ルータ等のネットワーク機器のインタフェースについて、リアルタイムのトラフィックを確認	ネットワーク機器に著しいトラフィック増大やボトルネックなど異常等は認められず、トラフィックは正しく配信された。
イ)	受信側での映像品質（画質・音質・遅延など）の確認	ちらつきやブロックノイズなどは確認されず、受信側での映像品質は良好であった。トラフィック解析の結果を考慮に入れると、ネットワークの帯域には余裕があり、クライアント数が増大しても問題はないと思われる。
ウ)	送信側でのアウトプットパケットの確認	送信側でパケットロスやエラーは認められなかった。
エ)	受信側でのインプットパケットの確認	受信側でパケットロスやエラーは認められなかった。
オ)	ネットワーク機器の CPU 使用率などの確認	ネットワーク機器の CPU 能率に異常は認められなかった。ただし、教育センターの IX5005 ルータの負荷は他のルータに比べて高い。教育センターの IX5005 には DNS 2 台とトランスレータが接続されており、名前解決を行うたびにこのルータが参照されることになり、ルーティングテーブルの参照回数やコネクション回数が他のルータ比べて多い。クライアント数が増大した場合は再考の必要があると考えられる。

### 3.1.5. ネットワークにおけるマルチベンダ環境の相互接続検証とマルチキャスト端末・サーバの相互接続検証と評価

#### 3.1.5.1. 検証概要

ネットワーク機器、サーバ・クライアントをマルチベンダ環境で構築した場合でも IPv6 マルチキャストが問題なく動作することを検証、評価する。

#### 3.1.5.2. 検証の目的

IPv6 の仕様は RFC で規定されており多岐にわたる。アドレス体系などの基本仕様 (RFC2373) だけではなく、IPsec セキュリティプロトコル、RIPng, BGP4+などのルーティング、マルチキャスト、名前解決サービスなどがあり、そのすべての仕様を満たしたネットワーク機器やソフトウェアを開発することが望まれている。しかし、各ベンダは各ベンダで用意したテスト環境でこれらを検証しており、不具合などが見逃される可能性もある。また、各ベンダの都合などで固有の仕様を実装している可能性もある。これらの問題により、マルチベンダ環境でネットワークを構成した場合、不具合などが発生する可能性が高い。こうした問題に対応し、仕様を満たしたネットワーク機器と IPv6 の普及を目指し、仕様検証や相互接続検証を目的としたプロジェクトとして TAHI プロジェクトが上げられる。TAHI プロジェクトは、横河電機/YDC が中心となって、IPv6 や IPsec の実装に対し、質の高い検証手段を提供することを目的として活動している。検証手段には、「仕様適合テスト」と「相互接続性テスト」がある。「仕様適合テスト」とは、ある実装が仕様である RFC に正しく従っているかというテストである。TAHI プロジェクトでは、重要な項目をできるだけ多く拾い上げた実践的なテストツールを提供している。「相互接続性テスト」とは、別々に開発された実装を持ち寄り、あるストーリーを決めて通信させ、うまくいくかを検証するテストである。TAHI プロジェクトでは、1999年の第一回開催以来、毎年相互接続性テストイベントを開催している。相互接続性テストイベントは TAHI プロジェクトの技術開発の成果を使用して、世界各国の企業あるいは研究組織が IPv6 を実装した実際の機器を持ち寄り、互いの相互接続性を検証するための場を提供するものである。こうしたプロジェクトにより相互接続検証は進んではいるものの、IPv6 の仕様は多岐にわたるため、マルチキャストなどは十分に検証されているとはいえない。また、TAHI プロジェクトは実際の実運用をめざしてマルチベンダ相互接続のネットワークを構築しているわけではない。

「e!School ネットワーク」ではルータから PC まですべてマルチベンダで構成する。マルチベンダ環境下での IPv6 マルチキャストNWの構築は「e!School ネットワーク」が事実上世界初である。このような環境で、マルチキャストや IPsec などの項目について検証を行い、検証、評価を行うことが目的である。

### 3.1.5.3. 検証項目

表 3.1.17 検証内容と評価基準

項目	検証内容	評価基準
ア)	マルチベンダ環境下においても、アプリケーションレベルでコンテンツ配信が正常に動作することを確認	マルチベンダ環境下においても、同一ベンダ環境下と同様に、アプリケーションレベルでコンテンツ配信が正常に行われること
イ)	ネットワーク状態の確認	パケットロスやエラー、トラフィック異常等、ネットワーク状態に異常が無いこと

### 3.1.5.4. 検証方法と結果

各項目について、検証手順と検証結果を述べる。

#### 3.1.5.4.1. ア) マルチベンダ環境下においても、アプリケーションレベルでコンテンツ配信が正常に動作する

##### (1) 検証方法

「e!School ネットワーク」はルータから PC までマルチベンダで構成されているため、3.1.2～3.1.4 の検証において本検証内容も検証していると言える。たとえば、「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーにおいては教育センタからキックオフ風景が DVTS にて配信され、三鷹駅市政窓口、タウンプラザ、産業プラザ、図書館、社会教育会館、ICU の各 DV 映像受信装置にて受信する。この場合、次のようなネットワーク機器を介してマルチキャストパケットが配信されることになる。

- ①教育センタに設置されている GR ルータ
- ②NTT 三鷹ビルに設置されている GeoStream
- ③各拠点に設置されている IX5003 ルータ

TV 会議でもマルチキャストによる配信検証を行い、正常に動作することを確認する。この場合のネットワーク機器の経路は次のようになる。

- ①市役所に設置されている IX5005 ルータ
- ②教育センタに設置されている GR ルータ

③NTT 三鷹ビルに設置されている GeoStream

④各拠点に設置されている IX5003 ルータ

また、DV 送信装置で送信された DV 映像を教育センタのストリーミング配信装置からマルチキャストで配信し、産業プラザと図書館および教育センタで受信できるかどうか確認する。この場合、次のような機器を介してマルチキャストパケットが配信されことになる。

①教育センタに設置されている GR ルータ

②NTT 三鷹ビルに設置されている GeoStream

③各拠点に設置されている IX5003 ルータ

各装置のベンダは次の表のとおりであり、このように別のメーカーの機器で構成された経路をマルチキャストパケットが通過することになる。

表 3.1.18 各装置のベンダ名称

装置名称	ベンダ名称
教育センタに設置されている GR ルータ	HITACHI
NTT 三鷹ビルに設置されている GeoStream	富士通
各拠点に設置されている IX5003 ルータ	NEC
市役所に設置されている IX5005 ルータ	NEC

## (2) 検証結果

「e!School 三鷹モデル」キックオフセレモニーでは DVTS 映像は各拠点で正常に表示された。また、産業プラザと図書館および教育センタにて Windows Media のマルチキャストライブ映像を表示できた。

## (3) 結論・考察

マルチベンダ環境下においても、アプリケーションレベルでコンテンツ配信が正常に行われた。本検証は一例であり、3.1.2～3.1.4 の検証の他の検証においてもこのことが言える。

ただし、実際には最初から正常に動作したわけではなく、数々のトラブルを解決して正常に動作している。具体例は「まとめ」で詳しく述べる。

#### 3.1.5.4.2. イ) ネットワーク状態の確認

##### (1) 検証方法

「e!School ネットワーク」はルータから PC までマルチベンダで構成されているため、3.1.2～3.1.4 の検証において MRTG や SmartProbe のトラフィック解析を行う。

##### (2) 検証結果

3.1.2～3.1.4 の検証にてパケットロスやエラー、トラフィック異常などは認められなかった。

##### (3) 結論・考察

マルチベンダ環境下においても、パケットロスやエラー、トラフィック異常等、ネットワーク状態に異常は無い。3.1.2～3.1.4 の検証においてこのことが言えると思われる。

### 3.1.5.5. まとめ

本検証ではマルチベンダ環境下において、マルチキャストの通信が出来ることを確認できた。しかし構築の際には不具合も発生していた。その事例を以下に示す。

現象：特定の箇所でのマルチキャスト受信が出来ない。

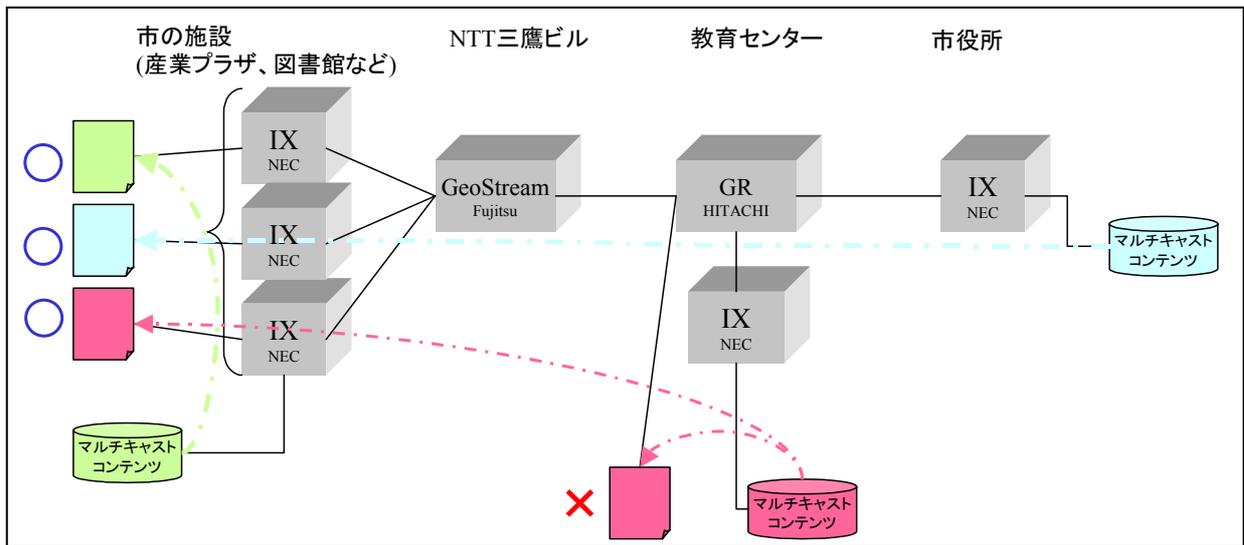


図 3.1.36 IPv6 マルチキャストの動作状況

図 3.1.36 IPv6 マルチキャストの動作状況で、赤い×印のついている箇所でのマルチキャストの受信が出来なかった。

まず、本来想定しているシーケンスを説明する。

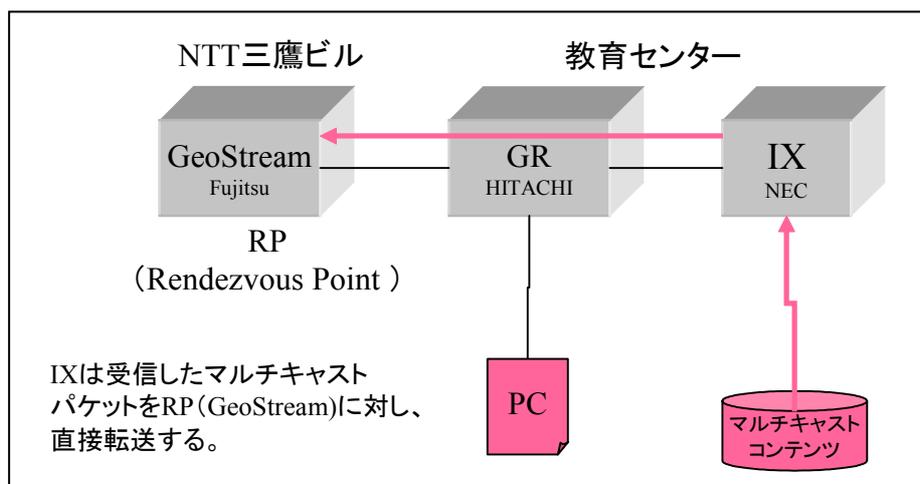


図 3.1.37 正常なシーケンス 1

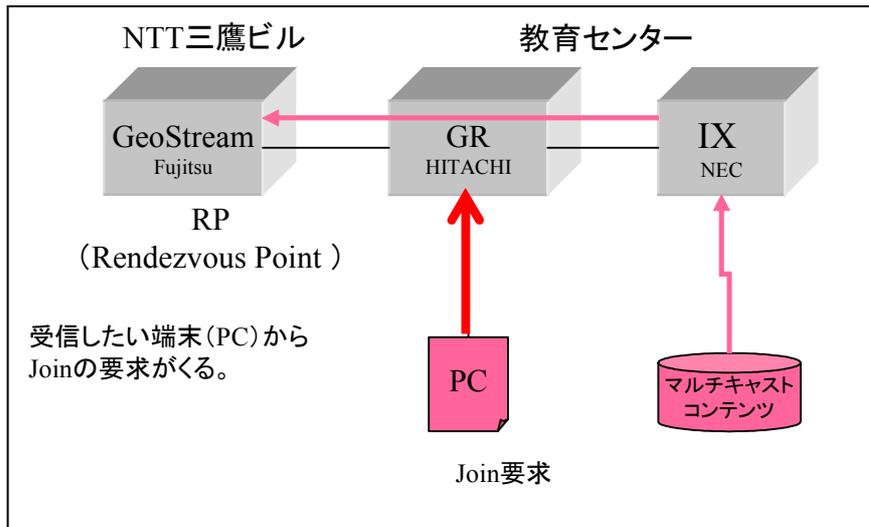


図 3.1.38 正常なシーケンス 2

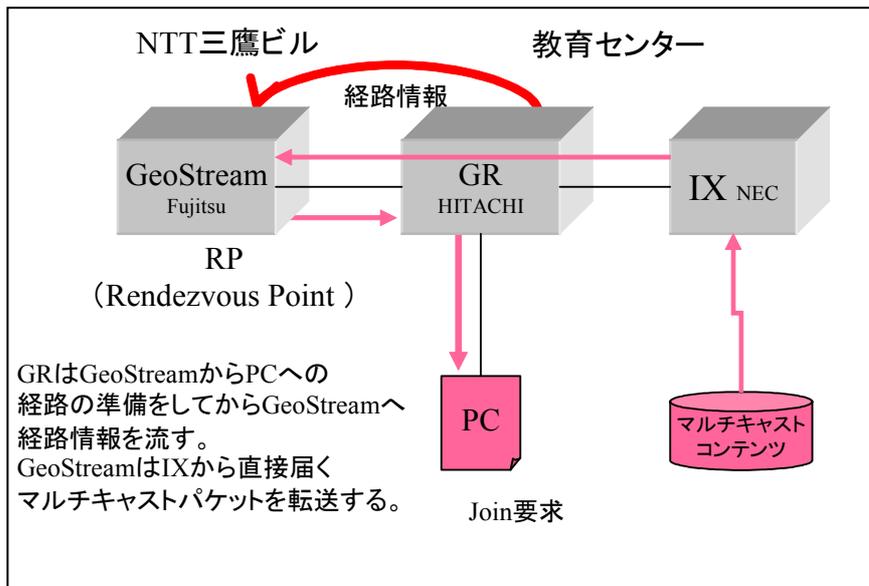


図 3.1.39 正常なシーケンス 2

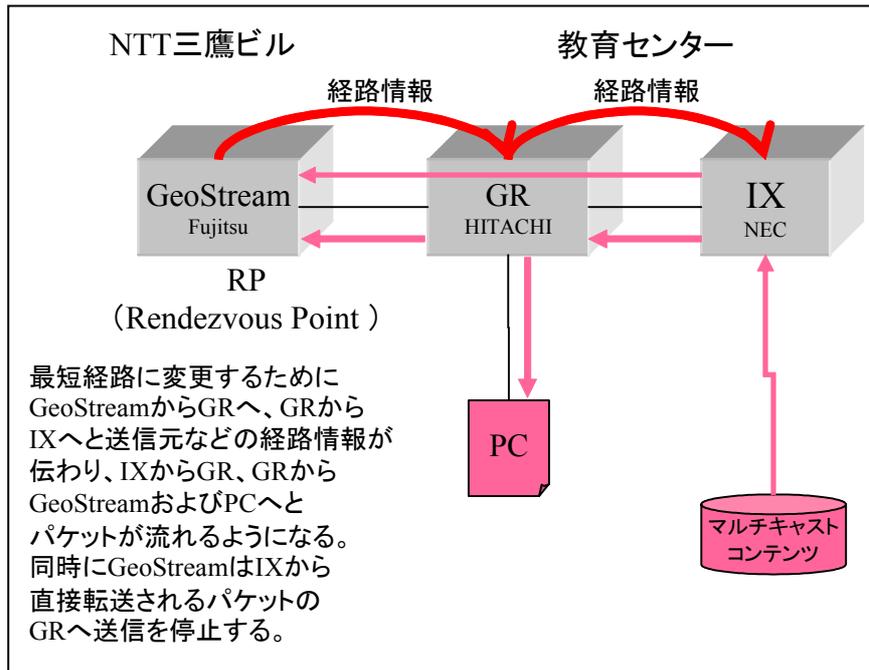


図 3.1.40 正常なシーケンス 4

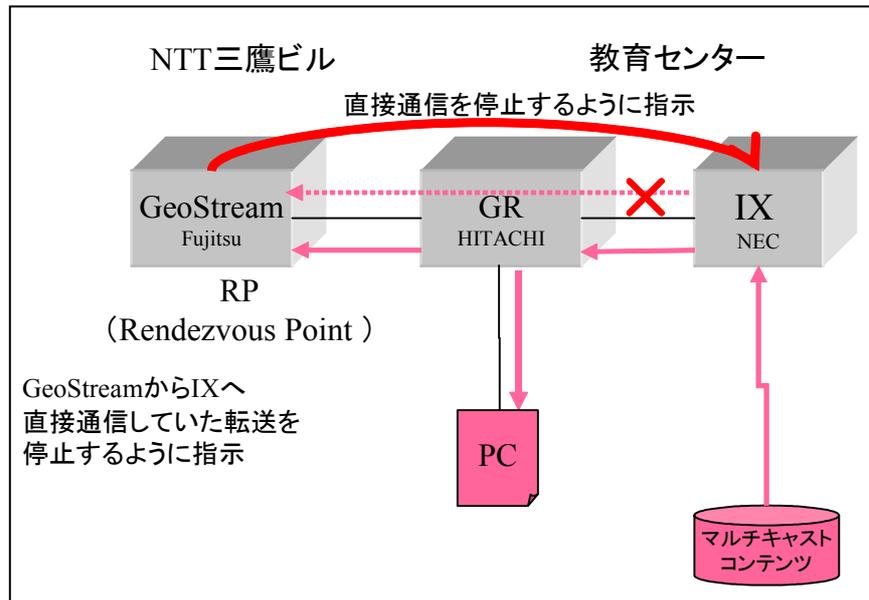


図 3.1.41 正常なシーケンス 5

最終的には、図 3.1.41 正常なシーケンス 5 のように GR から 2 方向にストリームが配信されるはずである。しかし、実際は Join を要求した端末へ、配信が行われなかった。以下にその状況を説明する

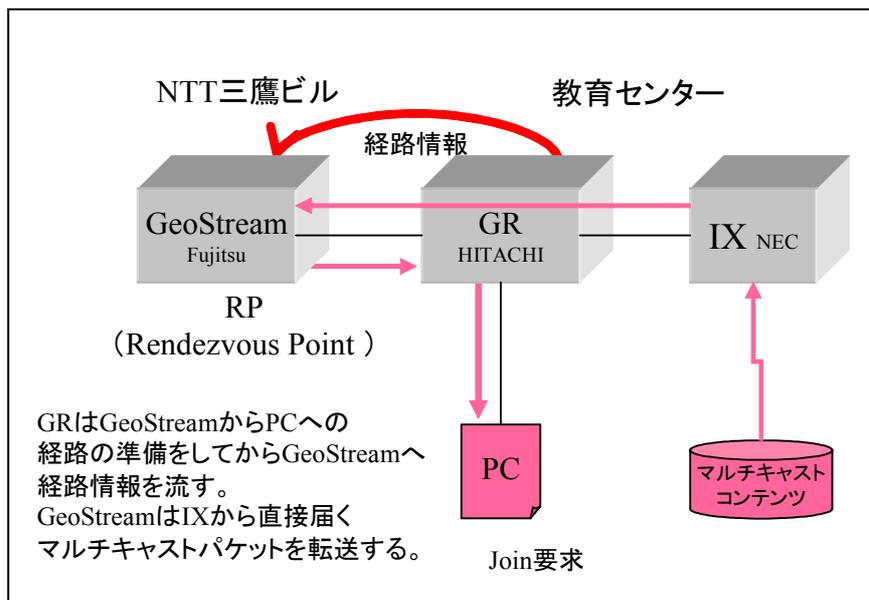


図 3.1.42 不具合で発生したシーケンス 1

Join 要求の後、GeoStream 経由でクライアントまで配信されたのは、同じであった。

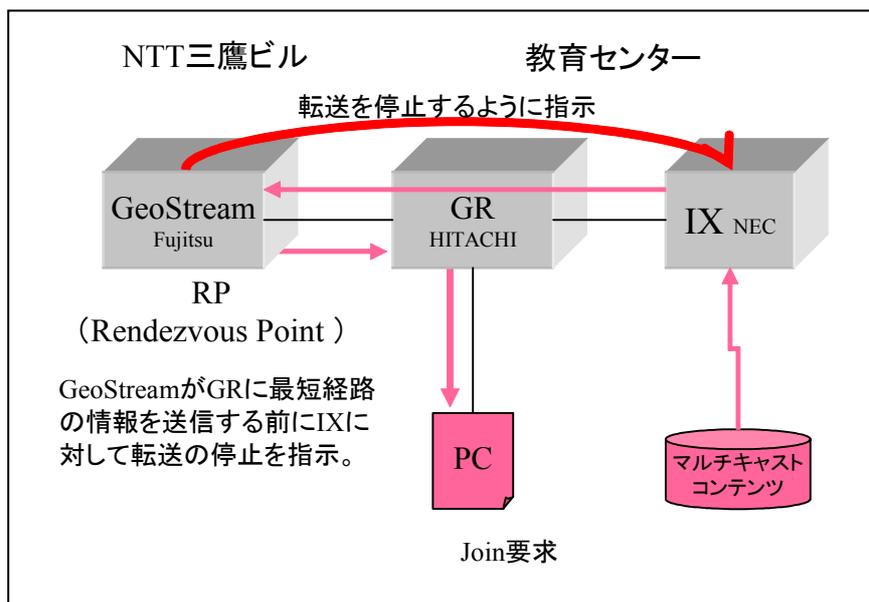


図 3.1.43 不具合で発生したシーケンス 2

しかし、図 3.1.43 不具合で発生したシーケンス 2 のように GeoStream が GR に対し経路情報を出さずに、IX に直接配信することを停止する情報を出していた。

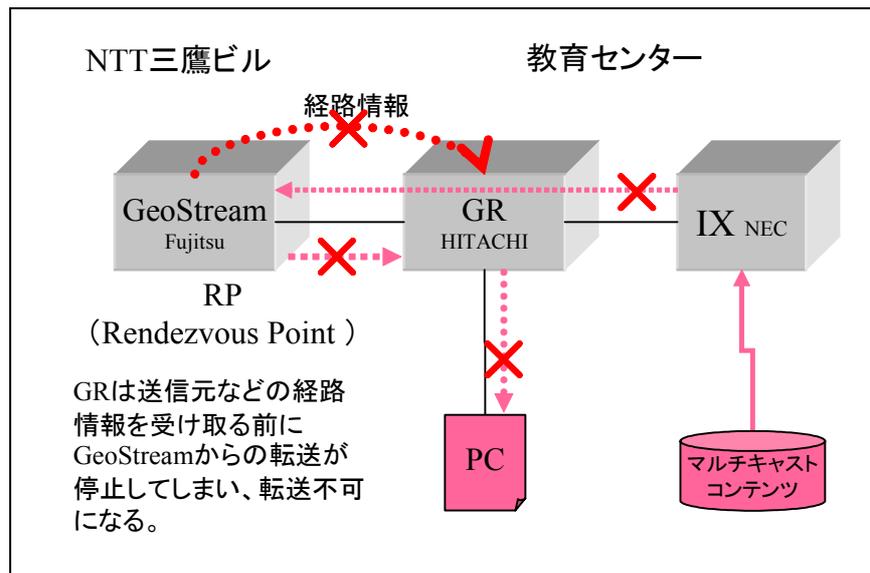


図 3.1.44 不具合が発生したシーケンス 3

そのため、図 3.1.44 不具合が発生したシーケンス 3 の様に GR はどこからもマルチキャストパケットを配信できなくなり、PC は受信が不能となっていました。

以上の例では、IPv6 マルチキャストルータが、うまくルーティングできなかったが、RPをGeoStreamからGRに変更することで問題を解決することができた。このように、IPv6の機器では実際に組み合わせて構築してみて、異常が発生するケースが起きることがしばしば発生した。そのため、構築・検証作業が非常に困難で、時間のかかる作業であった。

表 3.1.19 検証内容と検証結果まとめ

項目	検証内容	検証結果
ア)	マルチベンダ環境下においても、アプリケーションレベルでコンテンツ配信が正常に動作することを確認	マルチベンダ環境下においても、同一ベンダ環境下と同様に、アプリケーションレベルでコンテンツ配信が正常に行われた。
イ)	ネットワーク状態の確認	パケットロスやエラー、トラフィック異常等、ネットワーク状態に異常が無いことが確認できた。

### 3.1.6. IPv6 マルチキャストプロトコルによる通信のトラフィック管理方法と帯域制御方法の検討

#### 3.1.6.1. 検討概要

映像系コンテンツの場合に要求される一定の通信品質を IPv6 マルチキャスト通信においても保障するために、IPv6 マルチキャストのトラフィック管理と帯域制御を実現するトラフィック管理技術と帯域制御技術を検討する。

#### 3.1.6.2. 検討の目的

映像系コンテンツの場合にはその再生品質に帯域幅が大きく影響する。また VoIP などの場合、帯域が確保できなくなると音声聞き取りにくくなるなど物理的な問題が発生する。またマルチキャストで配信する場合、コネクションレスである UDP で配信することになり、エラー制御がプロトコルで行われなくなるため、通信品質の確保には QoS が特に重要になってくる。本検討ではこれらのトラフィックを管理する技術を調査検討するとともに、帯域を保障する QoS の技術的な項目を検討することを目的としている。

#### 3.1.6.3. 検討項目

各ネットワーク機器を接続する通信回線や通信媒体上のトラフィック測定方法を検討する。具体的な検証内容を表 3.1.20 に示す。

表 3.1.20 検討内容と評価基準

項目	検討内容	検討ポイント
ア)	IPv6 トラフィック管理上で特に考慮すべき点はないか	IPv4 の場合と同様でよいか？特に注意すべき点はないか。
イ)	具体的なトラフィック収集装置が存在するのか	スニッファーではなく IPv6 に対応した統計解析機能を有したトラフィック収集装置が世の中に存在するか
ウ)	何を管理対象とするのか	IPv6 ネットワークの管理を行ううえで特に注意すべき点はないか。
エ)	IPv6 標準MIBの実装はどうなっているのか	実際に今回の検証で使用したネットワーク機器には IPv6 標準MIB がどの程度実装されているか。
オ)	マルチベンダ環境下においてメーカ独自MIBの実装状況はどうか	プライベート MIB の実装状況を調査する。
カ)	ネットワーク機器の帯域制御機能は有効に動作するのか	実際に今回の検証で使用したネットワーク機器は Qos をサポートしているか
キ)	IPv6QOS フラグの実装はどうなっているのか	IPv6QOS フラグの調査を行う
ク)	プロトコルとしての QOS 機能は正常に動作するのか	簡単な検証を行い帯域が保証されるか

#### 3.1.6.4. 検証方法と結果

各項目について、検証手順と検証結果を述べる。

##### 3.1.6.4.1. ア) IPv6 トラフィック管理上で特に考慮すべき点はないか

IPv4 の時と同様に、各ネットワークワーク機器の入出力帯域、ルータ間の IP 別やプロトコル別のトラフィック量の測定が重要だと思われる。ただし、IPv6 環境においては QOS と IPsec を考慮に入れる必要がある。IPsec をトランスポートモードで使用した場合、トラフィック収集装置は発 IP と着 IP を正しく取得することができなくなり、発 IP と着 IP は IPsec ホスト間のアドレスに置き換わってしまうため注意が必要である。また、QOS などにより様々なパケット長のトラフィックが流れやすく、特に短いパ

ケット長のパケットが増大し、結果としてパケット数が増大した場合、ルータやトラフィック収集装置に負荷がかかるため CPU 負荷の監視や、トラフィック量だけではなくパケットサイズなどの別の管理対象が必要になると考えられる。

#### 3.1.6.4.2. イ) 具体的なトラフィック収集装置が存在するのか

本検証で使用している、SmartProbe が存在する。1Gbps だけではなく、近い将来 10Gbps に対応予定であり、基幹 LAN のトラフィック測定にも使用できる。

#### 3.1.6.4.3. ウ) 何を管理対象とするのか

MRTG などネットワーク装置毎のトラフィック量だけではなく、Probe などの装置を設置することにより、IP 別トラフィックやプロトコル別トラフィックを測定することが可能になる。これにより次のようなことが管理可能である。

- ①各サーバ宛のトラフィック量
- ②ユーザ毎のトラフィック量

同時にその回線の総トラフィック量もわかるので、実際に帯域をどの程度使用しているか、どこ宛のトラフィックが帯域をどの程度使用しているかを認識することができ、帯域管理やユーザの不要なアクセス（帯域使用）を監視することができる。

また、トラフィック量だけではなく次のような項目をトラフィック情報と結び付けて管理することにより、ネットワーク全体の状況を管理しやすくすることができると思われる。

##### ①トポロジ管理

管理対象の状況を正確に管理する為には、直感的にわかりやすいネットワーク構成図が不可欠である。簡易なシンボルや接続線、日本語を含めた自由な名称設定を利用して管理対象を分かり易く表現しておく。

##### ②障害管理

トポロジで管理された、機器の構成の一覧や、個々の障害情報を管理することにより、障害発生時のメーカーへの報告や原因の推測に役立つと思われる。

#### 3.1.6.4.4. エ) IPv6 標準 MIB の実装はどうか

SNMP (Simple Network Management Protocol) は、TCP/IP ネットワークにおけるネットワーク管理のためのプロトコルである。管理対象となる機器に SNMP エージェント機能を搭載し、管理端末にある SNMP マネージャから監視を行う。SNMP の管理プロトコ

ルを用いてネットワーク管理を行う際に、MIB (Management Information Base) が使われる。

MIB は管理情報をツリー上に構成したデータフォーマットで、通常 ASN.1 表記で記述される。共通的な標準 MIB と管理対象 (機器メーカー) 固有のプライベート MIB から構成される。IPv4 の MIB 標準 MIB は RFC1213 などにより規定されている。

同じように IPv6 の MIB も RFC により規定されている。主な規定を以下に示す。

- RFC2465 「IP バージョン 6 のための管理情報ベース」: IPv6 一般の MIB
- RFC2466 「IP バージョン 6 のための管理情報ベース」: ICMPv6 の MIB
- RFC2452 「伝送制御プロトコルのための IPv6 管理情報ベース」: TCPv6 の MIB
- RFC2454 「ユーザーデータグラムプロトコルのための IPv6 管理情報ベース」: UDPv6 の MIB
- RFC2851 「インターネットネットワークアドレスのテキスト表現」: MIB でのアドレス表現 (旧)
- RFC3291 「インターネットネットワークアドレスのテキスト表現」: MIB でのアドレス表現 (新)
- RFC3019 「マルチキャスト聞き手探索プロトコルのための IP バージョン 6 管理情報ベース」: マルチキャストリスナーディスカバリ (MLD) の MIB を規定します。

現段階では、エージェントが IPv6 に対応しているものとしていないもの、MIB が IPv6 に対応しているものとしていないもの、実装はまちまちである。本ネットワークで採用したルータやスイッチに関しては、対応している。

表 3.1.21 ルータ機器の IPv6MIB 対応状況

ルータ名	ベンダ名	IPv6MIB 対応状況
GeoStream	富士通	○
GR	HITACHI	○
IX5005	NEC	○
IX5003	NEC	○

#### 3.1.6.4.5. オ) マルチベンダ環境下においてメーカー独自 MIB の実装状況はどうか

本ネットワークは、マルチベンダ環境下である。採用しているルータやスイッチなど管理対象として、SNMP のエージェント機能を持つほとんどの機器がメーカー独自 MIB (プライベート MIB) を実装している。プライベート MIB では、様々な情報が搭載されている。一例として、どのような MIB 項目があるかを以下に示す。

- WAN 物理回線エラー統計の MIB
- ATM VC 統計 MIB の MIB
- SONET インタフェース統計の MIB
- メガ単位インタフェース統計
- イーサネットインタフェース QoS キュー
- PPP インタフェースの QoS キュー
- VPN IP 情報の
- VPN IP フォワード情報
- OSPF マルチグループ対応の OSPF 情報
- 装置のモデル情報
- 装置のソフトウェア情報
- 装置のシステムメッセージ MIB
- 装置の回線情報
- 装置の回線 IP アドレス情報

このように標準 MIB に規定されていない補足的な情報や、ハードウェア固有の情報をプライベート MIB に実装している。

#### 3.1.6.4.6. カ) ネットワーク機器の帯域制御機能は有効に動作するのか

ネットワークの QoS (Quality of Service) は、アプリケーションにネットワークが提供するサービスの品質である。サービスの品質とは、

- 帯域
- 応答時間 (遅延)
- ジッタ (揺らぎ)

などがある。FTP や HTTP などを使うのであれば、帯域が 64kbps よりも 1Mbps の方が品質が高く感じる。しかし、TELNET などの応答性を必要とされるアプリケーションでは、帯域よりも応答時間が重要である。文字を打って応答が返ってくるまでに数秒かかるようではストレスがたまる。更にテレビ会議や VoIP などリアルタイムのアプリケーションでは、応答性能だけでなくジッタも気になる。ジッタにより、画像が乱れたり、音声途切れることがある。また、QoS を制御する仕組みは、レイヤごとに分類でき、データリンクレベル、ネットワークレベル、アプリケーションレベルがある。

データリンクレベルで制御する代表といえば、ATM がある。ATM はセルと呼ばれる 53 バイトの固定長パケットを用いて通信を行う。ATM には、プロトコルがサポートする品質のサービスとして CBR、VBR、UBR などがあり、CBR は帯域保障型のサービスである。

ネットワーク層では、RSVP や SBM がある。これらは、第 3 層のプロトコルでデータリンク層には直接依存しない。

さらに、アプリケーションのレベルで QoS をコントロールするものもある。市販品では、アプリケーションに応じて帯域を割り当てたり、応答性能を満たすために優先的に通信させたりすることが出来る。

一般に TCP では、帯域にあわせて Window サイズを変化させることにより、ネットワークの状況に応じた通信を行う。一方、ストリーム配信でよく使われる UDP では、プロトコルで再送制御を持たず、ネットワークの状況に関係なく通信を行う。

IPv6 では、プロトコルで QoS をサポートしており、Flow ラベルを用いて通信をコントロールできる。「e!School ネットワーク」の実証用ネットワークでは、各機器が QoS を実装しており、制御可能な状態となっている。今後、運用していく中で、トラフィックが増えた場合にも、帯域制御を行うことにより、アプリケーション実行の品質を保つことが出来る。

#### 3.1.6.4.7. キ) IPv6QoS フラグの実装はどうなっているのか

QoS 対応は IPv6 の標準機能となっている。IETF では QoS 対応機能としてフローラベルという技術を用意した。フローラベルは IPv6 パケットのヘッダ情報の一部として実装され、トラフィックのフローを途中のノードが認識するためのものである。

以下に RFC1883 の日本語訳から該当部分を引用する。

The 24-bit Flow Label field in the IPv6 header may be used by a source to label those packets for which it requests special handling by the IPv6 routers, such as non-default quality of service or "real-time" service. This aspect of IPv6 is, at the time of writing, still experimental and subject to change as the requirements for flow support in the Internet become clearer. Hosts or routers that do not support the functions of the Flow Label field are required to set the field to zero when originating a packet, pass the field on unchanged when forwarding a packet, and ignore the field when receiving a packet.

IPv6 ヘッダでの 24 ビットのフローラベルフィールドは「リアルタイム」サービスの非デフォルトの品質のサービスのような、IPv6 ルータに特別扱いを求めるパケットにラベルをはるために発信者によって使われる。この IPv6 の様相は、書いている時点で、インターネットでのフローサポートの要求事項が明確になるまで、まだ実験的で変化している。フローラベルフィールドの機能をサポートしないホストあるいはルータが、パケットを作る時はフィールドをゼロにセットし、パケットを転送する時は

フィールド内容を変更せずに転送し、パケットを受取時はフィールドを無視するように要求される。

A flow is a sequence of packets sent from a particular source to a particular (unicast or multicast) destination for which the source desires special handling by the intervening routers. The nature of that special handling might be conveyed to the routers by a control protocol, such as a resource reservation protocol, or by information within the flow's packets themselves, e.g., in a hop-by-hop option.

The details of such control protocols or options are beyond the scope of this document.

フローは、発信が途中のルータに特別扱いを要求する、特定の発信者から特定の（ユニキャストあるいはマルチキャスト）着信まで送られるパケットの並びである。その特別扱いの性質は資源予約プロトコルのような、管理プロトコルによってあるいはフローのパケットの中の情報、例えばホップバイホップオプションで、ルータに伝えられるであろう。このような管理プロトコルあるいはオプションの細部はこのドキュメントの範囲を越えてある。

There may be multiple active flows from a source to a destination, as well as traffic that is not associated with any flow. A flow is uniquely identified by the combination of a source address and a non-zero flow label. Packets that do not belong to a flow carry a flow label of zero.

発信から、フローと結び付けられないトラフィックと同様、着信まで多数の有効なフローがあるかも知れない。フローはソースアドレスと非ゼロフローラベルの結合によってユニークに識別される。フローに属さないパケットはゼロのフローラベルを含んでいる。

A flow label is assigned to a flow by the flow's source node. New flow labels must be chosen (pseudo-)randomly and uniformly from the range 1 to FFFFFFF hex. The purpose of the random allocation is to make any set of bits within the Flow Label field suitable for use as a hash key by routers, for looking up the state associated with the flow.

フローラベルはフローの発信ノードによってフローに割り当てられる。新しいフローラベルは、1 から 16 進法の FFFFFFFF の間で一様（疑似一様）ランダムに選ばなければならない。ランダムな割付けの目的は、フローラベルフィールドの値が、ルータがフローの状態を調べる際のハッシュのキーとして使用するにふさわしいビットのセットを作ることにある。

All packets belonging to the same flow must be sent with the same source address, destination address, priority, and flow label. If any of those packets includes a Hop-by-Hop Options header, then they all must be originated with the same Hop-by-Hop Options header contents (excluding the Next Header field of the Hop-by-Hop Options header). If any of those packets includes a Routing header, then they all must be originated with the same contents in all extension headers up to and including the Routing header (excluding the Next Header field in the Routing header). The routers or destinations are permitted, but not required, to verify that these conditions are satisfied. If a violation is detected, it should be reported to the source by an ICMP Parameter Problem message, Code 0, pointing to the high-order octet of the Flow Label field (i. e., offset 1 within the IPv6 packet).

すべての同じフローに属しているパケットが同じ発アドレス、宛先アドレス、優先権とフローラベルで送られなくてはならない。もしいずれかのパケットがホップバイホップオプションヘッダーを含むなら、パケットはすべて（ホップバイホップオプションヘッダーのネクストヘッダフィールドを除いて）同じ内容のホップバイホップオプションヘッダーで作られなければならない。もしいずれかのパケットがルーティングヘッダーを含むなら、パケットはすべて（ルーティングヘッダーでネクストヘッダフィールドを除いて）拡張ヘッダーを含みルーティングヘッダーまで同じ内容を含まなければならない。ルータあるいは着信者がこれらの条件を満足していることを確かめることは認められるが要求されない。もし違反が検出されるなら、それはフローラベルフィールドの最上位オクテット（すなわち、IPv6 パケットの中のオフセット 1）を指した ICMP パラメータ問題メッセージ、コード 0、によって発信者に報告されるべきである。

Routers are free to "opportunisticly" set up flow-handling state for any flow, even when no explicit flow establishment information has been provided to them via a control protocol, a hop-by-hop option, or other means. For example, upon

receiving a packet from a particular source with an unknown, non-zero flow label, a router may process its IPv6 header and any necessary extension headers as if the flow label were zero. That processing would include determining the next-hop interface, and possibly other actions, such as updating a hop-by-hop option, advancing the pointer and addresses in a Routing header, or deciding on how to queue the packet based on its Priority field. The router may then choose to "remember" the results of those processing steps and cache that information, using the source address plus the flow label as the cache key. Subsequent packets with the same source address and flow label may then be handled by referring to the cached information rather than examining all those fields that, according to the requirements of the previous paragraph, can be assumed unchanged from the first packet seen in the flow.

ルータが、明示的なフロー設立情報が管理プロトコル、ホップバイホップオプション、あるいは他の手段によって供給されなかった時さえ、任意のフローに「日和見主義の」フローの取り扱いを設定するのは自由である。例えば、非ゼロフローラベルで不明な特別な発信者からパケットを受取ると、ルータがフローラベルがゼロであるかのように、その IPv6 ヘッダや他の拡張ヘッダを処理してもよい。その処理は次のホップインタフェースの決定やその他の動作、ホップバイホップオプションのアップデートや、ルーティングヘッダでポインタとアドレスを進めることや、優先権フィールドに基づいてどのようにパケットを待ち行列に入れるべきか決めるような、動作を含むであろう。ルータは、発アドレスとフローラベルをキャッシュのキーとして用いて、それらの処理の結果を「覚えて」その情報をキャッシュすることに決めてもよい。そして、同じ発アドレスとフローラベルを持っている次のパケットは、前の段落の要求事項によればフローで見られる最初のパケットから変化していないと思うことができるので、フィールドを調べずキャッシュされた情報を参照することで処理してもよい。

Cached flow-handling state that is set up opportunistically, as discussed in the preceding paragraph, must be discarded no more than 6 seconds after it is established, regardless of whether or not packets of the same flow continue to arrive. If another packet with the same source address and flow label arrives after the cached state has been discarded, the packet undergoes full, normal processing (as if its flow label were zero), which may result in the re-creation of cached flow state for that flow.

前の段落で論じられるように日和見主義的に編出されキャッシュされたフロー処理状態は、同じフローの packets が到着し続けるかどうかにかかわらず、確立される 6 秒以内に捨てられてはならない。もしもう 1 つの同じソースアドレスとフローラベルを持っている packets が、キャッシュされた状態が捨てられた後到着するなら、(そのフローラベルであるかのようにゼロである) packets は完全な標準的な処理が行われる、そのフローのために新にフロー処理状態のキャッシュが作られるであろう。

The lifetime of flow-handling state that is set up explicitly, for example by a control protocol or a hop-by-hop option, must be specified as part of the specification of the explicit set-up mechanism; it may exceed 6 seconds.

明示的に作られたフロー処理状態の生存期間は、例えば管理プロトコルあるいはホップバイホップオプションで、セットアップメカニズムの仕様の一部として明示されなくてはならない、それは 6 秒を超えるかも知れない。

A source must not re-use a flow label for a new flow within the lifetime of any flow-handling state that might have been established for the prior use of that flow label. Since flow-handling state with a lifetime of 6 seconds may be established opportunistically for any flow, the minimum interval between the last packet of one flow and the first packet of a new flow using the same flow label is 6 seconds. Flow labels used for explicitly set-up flows with longer flow-state lifetimes must remain unused for those longer lifetimes before being re-used for new flows.

発信者は、フローラベルの先の使用により確立されたかも知れないフロー処理状態の生存期間の内に、新しいフローのためにフローラベルを再利用してはならない。6 秒のライフタイムを持っているフロー処理状態がどんなフローでも日和見主義的に確立されるかも知れないので、同じフローラベルを使っているあるフローの最後の packets と新しいフローの最初の packets の間の最小間隔は 6 秒である。より長いフロー状態生存期間を持つ明示的に準備されたフローで使用されたラベルは新しいフローに再利用される前にそのより長い生存期間の間使われないうままでいなくてはならない。

When a node stops and restarts (e.g., as a result of a "crash"), it must be careful not to use a flow label that it might have used for an earlier flow whose lifetime may not have expired yet. This may be accomplished by recording flow

label usage on stable storage so that it can be remembered across crashes, or by refraining from using any flow labels until the maximum lifetime of any possible previously established flows has expired (at least 6 seconds; more if explicit flow set-up mechanisms with longer lifetimes might have been used).

If the minimum time for rebooting the node is known (often more than 6 seconds), that time can be deducted from the necessary waiting period before starting to allocate flow labels.

ノードがストップして再起動する時（例えば、「クラッシュ」の結果として）、以前のフローのために使いまだ生存期間がまだ期限が切れてないかもしれないフローラベルを使わないことに注意しなくてはならない。これは、クラッシュの後も覚えていられる安定した記憶装置の上にフローラベル使用を記録することによって、あるいは、前に確定したどんなフローの最大生存期間でも期限が切れるまで（少なくとも 6 秒；さらに多く、もしより長い生存期間を持つ明白なフローセットアップメカニズムが使われたかも知れないなら）フローラベルを使うことを思いとどまることによって、達成されるであろう。もしノードをリブートする最小時間が知られている（しばしば 6 秒以上）なら、その時はフローラベルを割り当て始める前に必要な待機期間から差し引くことができる。

There is no requirement that all, or even most, packets belong to flows, i. e., carry non-zero flow labels. This observation is placed here to remind protocol designers and implementers not to assume otherwise. For example, it would be unwise to design a router whose performance would be adequate only if most packets belonged to flows, or to design a header compression scheme that only worked on packets that belonged to flows.

パケットのすべて、あるいは大部分のパケットがフローに属している、すなわち非ゼロフローラベル、という要求事項はない。これはプロトコルデザイナーやインプリメンタヤやその他の者に言っている。例えば、その性能が、たいていのパケットがフローに属した場合に限り適切であるルータを設計する、あるいは、フローに属したパケットにだけ働くヘッダ圧縮機構を設計することは、賢明でないであろう。

IPv4 ではフローを直接認識する手段がなかったため、送受信側それぞれの IP アドレスとポート番号の組み合わせや、Diffserv で用いる DS フィールドを代替的に利用していた。IPv6 においては、フローを直接に扱うことにより、より明確な QoS 処理が可能になる。フローラベルに書き込まれた処理内容に応じて、フローラベル単位に RSVP

(Resource reSerVation Protocol) 等を用いて、通信路上にパケットが Peer-to-Peer に通過するための帯域を予め確保させることができるのである。ただし IPv6 あるいはフローラベル自体は QoS を実現するものではない。実際には、優先的に扱うべきパケットを先に送り出すようにキューイング処理を施す必要がある。フローラベルは、このトラフィックの優先度合いをフローごとに区別するための識別子として使われる。

#### 3.1.6.4.8. ク) プロトコルとしての QoS 機能は正常に動作するのか

##### (1) 検証方法

社会教育会館に DVTS を受信可能な PC を 3 台用意し、1 台には FTP サーバを立ち上げておく。産業プラザから DVTS 映像 3 本をユニキャストで送信し、社会教育会館に用意した 3 台の PC で受信する。同時に、産業プラザから FTP で社会教育会館に用意した FTP サーバにログインしファイルを転送する。このように約 100Mbps の帯域を使い切っている状態で、社会教育会館と産業プラザの間で FF-VoIP で会話をを行う。

社会教育会館と産業プラザの IX5003 には次のような QoS の設定を行った。

- 最大物理帯域：95Mbps
- QoS 帯域：10Mbps

この QoS 帯域に次の優先順位で割り振りが行われるように設定する。

- 優先 1：VoIP パケット
- 優先 2：FTP パケット
- 優先 3：DVTS パケット

これにより、優先的に VoIP パケットが 10Mbps の帯域を使用できることが期待される。

##### (2) 検証結果

QoS 設定前は画像にブロックノイズが見られ、音声もこもった感じであったが、QoS の設定によりこれが解消され、QoS の有効性が確認された。その代わりに、DVTS には 30% 近くのパケットロスが生じた。

##### (3) 結論・考察

QoS を設定することにより、優先度の高いパケットを安定して送受信可能である。信頼性が要求されるマルチキャストパケットや緊急性の高い通信に QoS を利用することにより、安定したマルチメディアコンテンツの送受信が実現でき、高い信頼性のネットワークが構築できると考えられる。

3.1.6.5. まとめ

表 3.1.22 検討内容と検討結果

項目	検討内容	検討結果
ア)	IPv6 トラフィック管理上で特に考慮すべき点は無いか	基本的には IPv4 の場合と同様でよいが、IPsec でトランスポートモードを使用した場合はパケットヘッダも暗号化されるため注意が必要である。また、QoS を設定した場合はトラフィック量だけではなくパケットサイズなどの別の管理対象が必要になると考えられる。
イ)	具体的なトラフィック収集装置が存在するのか	本検証で使用している SmartProbe などが存在する。
ウ)	何を管理対象とするのか	MRTG などネットワーク装置毎のトラフィック量だけではなく、Probe などの装置を設置することにより、IP 別トラフィックやプロトコル別トラフィックを測定することが可能になる。合わせてトポロジ管理や障害管理などを行うとよい。
エ)	IPv6 標準 MIB の実装はどうなっているのか	今回使用したネットワーク機器の中では HITACHI の GR2000、NEC の IX5000 シリーズ、Fujitsu の GeoStream がサポートしている。
オ)	マルチベンダ環境下においてメーカー独自 MIB の実装状況はどうか	標準 MIB に規定されていない補足的な情報や、ハードウェア固有の情報（装置のソフトウェア情報、等）をプライベート MIB に実装している。
カ)	ネットワーク機器の帯域制御機能は有効に動作するのか	各機器が QoS を実装しており、制御可能な状態となっている。今後、運用していく中で、トラフィックが増えた場合にも、帯域制御を行うことにより、アプリケーション実行の品質を保つことが出来る。
キ)	IPv6QoS フラグの実装はどうなっているのか	IPv6 の QoS は、フローラベルで実装されている。
ク)	プロトコルとしての QoS 機能は正常に動作するのか	全ての機能を検証したわけではないが、検証の結果 VoIP の品質に改善が見られ、正常に動作すると考えられる。