

4.3. IPv6を用いたVoIPシステムに関する検証

4.3.1. VoIPシステムの長期安定動作

4.3.1.1. はじめに

平成14年度「総務省 e!プロジェクト教育分野」にて、VoIPシステムを利用した学区内の家庭同士のコミュニケーション充実や、生涯学習市民モニタ相互の教育相談や市役所の教育相談窓口との情報交換に利用する、また、行政機関に設置された端末から、一般市民を対象にその有効性を検証する、との目的から図4.3.1 VoIPシステム構成のVoIPシステムを構築した。この環境を使用し、以下の検証を行う。

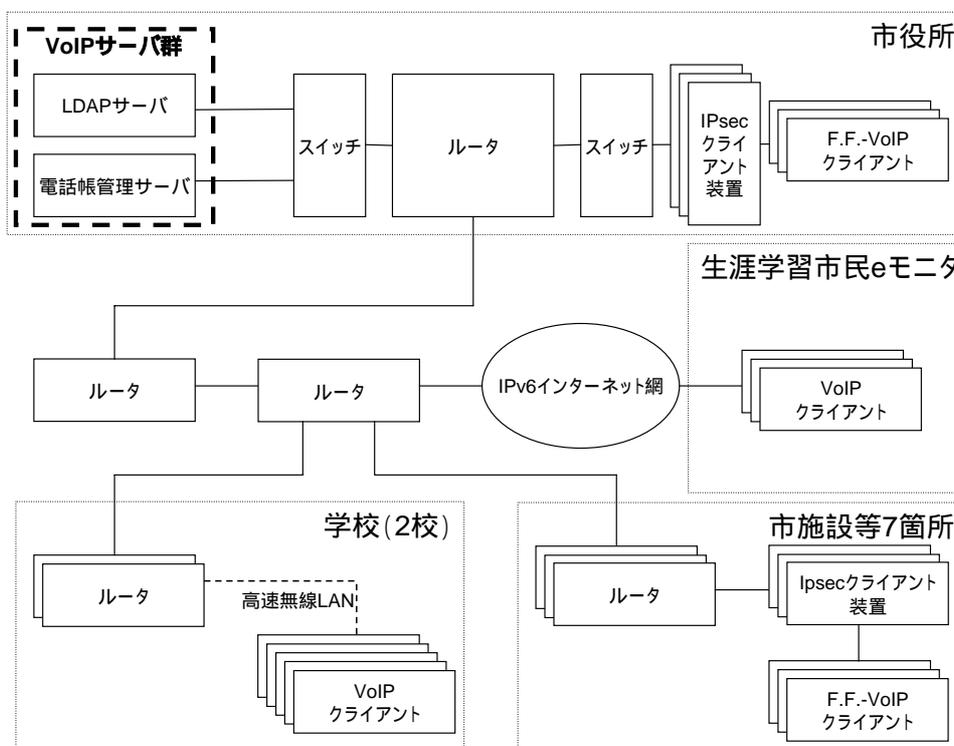


図 4.3.1 VoIPシステム構成

4.3.1.1.1. 検証内容

VoIP 管理システムおよび VoIP クライアントが長期的に安定動作するか検証を行う。

4.3.1.1.2. 実験方法

小中学校モニタおよび市民モニタの合計 600 名に対してアカウントを配布し遠隔授業・遠隔講義時及びコミュニティ内のコミュニケーションツールとして利用実験を実施する。

4.3.1.1.3. 評価方法

以下の端末に対しアカウントを配布した。尚、端末によってはその利用状況から複数のアカウントを配布している。

- 1) ・市役所
 - ・ F. F. -VoIP クライアント 3 式
- 2) ・ 図書館、ICU、コミュニティプラザ、タウンプラザ、産業プラザ、三鷹駅市政窓口、社会教育会館
 - ・ F. F. -VoIP クライアント 7 式
 - ・ VoIP クライアント 20 式
- 3) 生涯学習市民 e モニタ
 - ・ 生涯学習市民 e モニタ用評価端末 100 式
- 4) 小中学校
 - ・ 無線 LAN 検証用端末 500 式

以下の方法により安定性に関する情報を収集する。

- 1) ヘルプデスクによる対応不具合
- 2) 各モニタに、利用に関して、以下のアンケートを実施
 - クライアントアプリケーションの安定性
 - 通信の品質
- 3) 各通信機器及びサーバのログを解析
- 4) 上記の結果から安定性について評価を行い、不具合が確認された場合はメーカー等と協力して原因の解析と対処に努める。

4.3.1.2. VoIP システムの利用状況

4.3.1.2.1. 発行アカウント

平成 16 年 2 月 29 日までに発行したアカウント数は表 4.3.1 VoIP システム発行アカウント数の通りである。この数値にはイベント、検証で使用したアカウントも含まれる。

表 4.3.1 VoIP システム発行アカウント数

カテゴリ	市民モニタ	市施設ユーザ	三小	四中	総計
アカウント数	134	34	315	363	846

4.3.1.2.2. VoIP システムを利用した主なイベント

日常での VoIP システムの利用のほかに、様々なかたちで VoIP システムを使用した。以下に主な使用例を挙げる。

- ・学校インターネット発表会における第四中学校の英語授業（平成 15 年 10 月 30 日）
- ・学校インターネット発表会における第七小学校と ICU 湯浅八郎記念館間の遠隔授業（平成 15 年 10 月 30 日）なお、第七小学校は第四中学校の学区に属しており、学区内アクセスポイントの 1 つとして無線 LAN アクセスポイントを設置している。
- ・市役所と三鷹駅市政窓口間の「TV 電話による窓口相談システム」（平成 15 年 12 月 1 日～平成 16 年 1 月 31 日）
- ・US IPv6 Summit での VoIP デモンストレーション（平成 15 年 12 月 9 日～11 日）
- ・社会教育会館と第七小学校間の遠隔授業（平成 16 年 1 月 26 日）
- ・コミュニティプラザ（三鷹駅前図書館）と第七小学校間の遠隔授業（平成 16 年 2 月 2 日）
- ・三鷹駅市政窓口と第七小学校間の遠隔授業（平成 16 年 2 月 6 日）
- ・第三小学校 6 年 1 組での英語授業 1 回目（平成 16 年 2 月 10 日）
- ・第三小学校 6 年 2 組での英語授業 1 回目（平成 16 年 2 月 10 日）
- ・第三小学校 5 年 1 組での英語授業 1 回目（平成 16 年 2 月 13 日）
- ・第三小学校 5 年 2 組での英語授業 1 回目（平成 16 年 2 月 13 日）
- ・第三小学校 6 年 1 組での英語授業 2 回目（平成 16 年 2 月 17 日）
- ・第三小学校 6 年 2 組での英語授業 2 回目（平成 16 年 2 月 17 日）
- ・第三小学校 5 年 1 組での英語授業 2 回目（平成 16 年 2 月 20 日）
- ・第三小学校 5 年 2 組での英語授業 2 回目（平成 16 年 2 月 20 日）

4.3.1.2.3. 通話数

VoIP サーバにおいて通話ログを取得している。そのログによる通話数を以下に示す。

- ログ取得サーバ LDAP サーバ
- ログのパス /var/log/syslog.log
- ログの内容 VoIP クライアントのログイン数、通話数を記録

平成 15 年 10 月 1 日から平成 16 年 2 月 29 日までの月毎の通話数は以下の通りである。

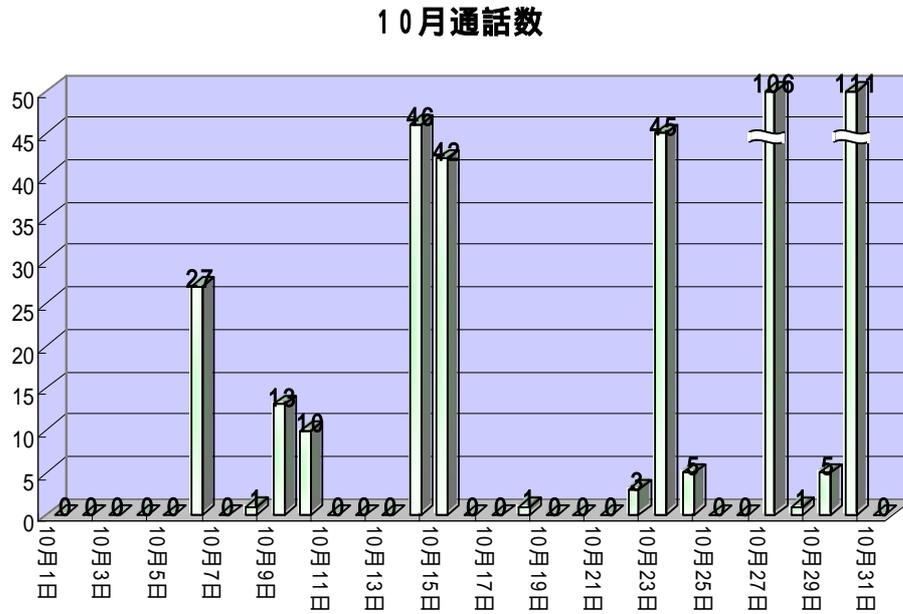


図 4.3.2 10月通話数

11月通話数

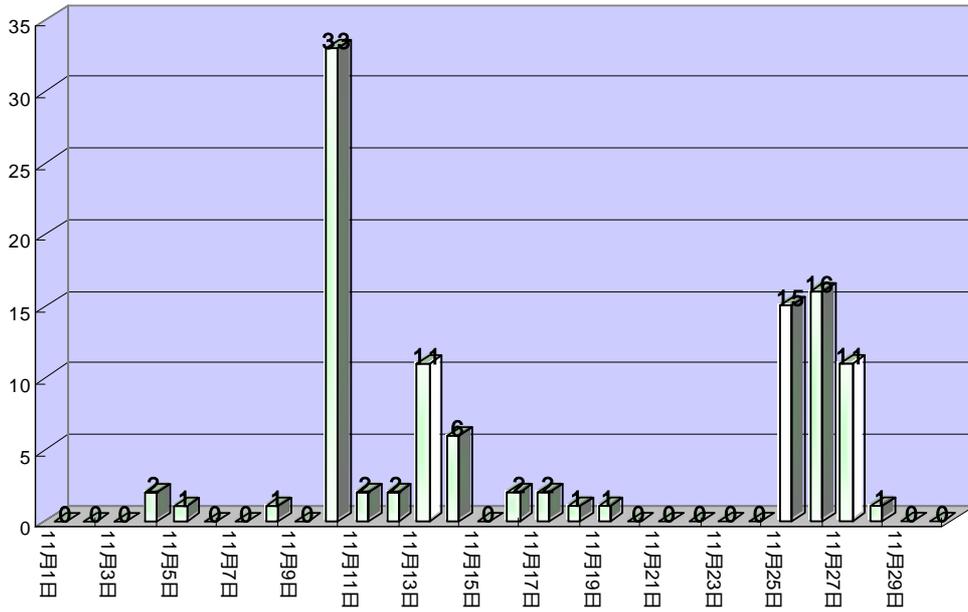


図 4.3.3 11月通話数

12月通話数

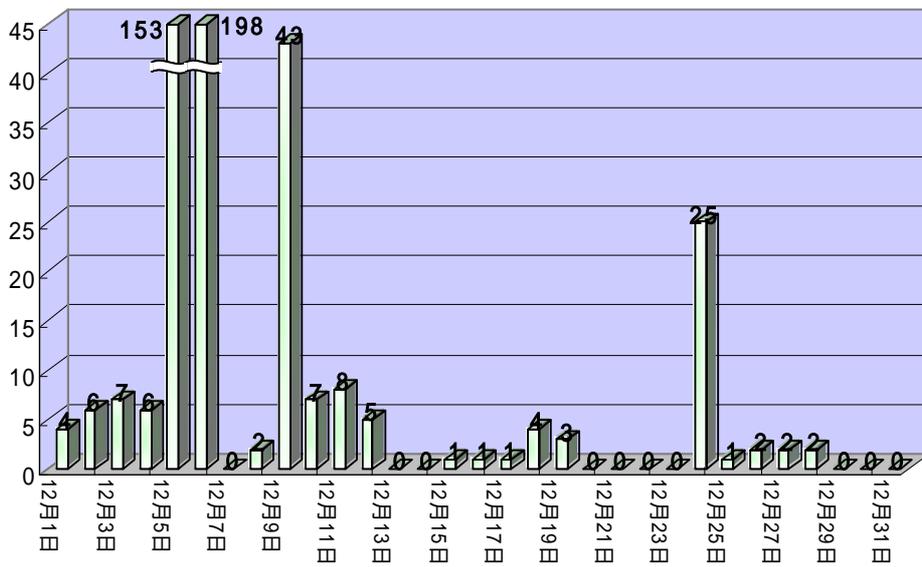


図 4.3.4 12月通話数

1月通話数

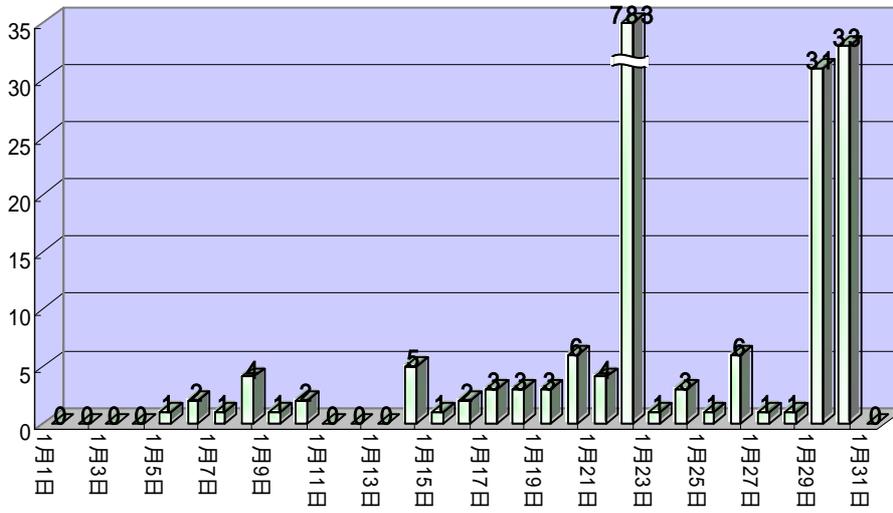


図 4.3.5 1月通話数

2月通話数

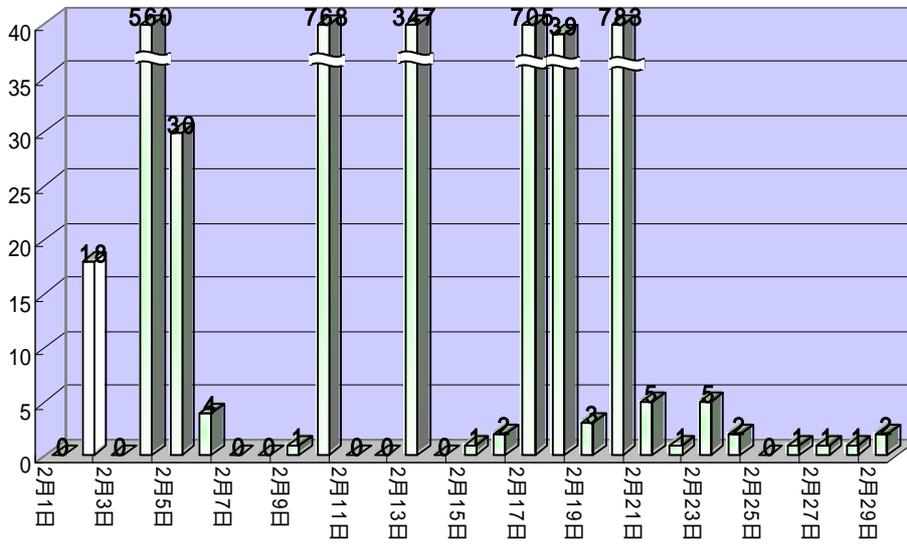


図 4.3.6 2月通話数

表 4.3.2 通話数集計

月	10月	11月	12月	1月	2月	総計
通話数	416	107	481	898	3279	5181

各月の通話数を集計すると表 4.3.2 通話数集計のようになり、5 ヶ月間の総通話数は 5181 通話であった。

平成 16 年 3 月 1 日までに発行した VoIP システムの総アカウント数は 846 個である。これらのユーザが平成 15 年 10 月 1 日から平成 16 年 3 月 1 日までに合計 5181 通話をしたことがサーバのログから確認できた。利用をした主な状況として、通常のモニタ同士の利用のほかに、市施設と市役所間「TV 電話による窓口相談システム」、学校の授業での利用があった。学校授業などで多人数が利用した日は 700 通話を超えていることがわかる。

4.3.1.3. 安定性に関する情報

4.3.1.3.1. ヘルプデスクによる不具合対応

ヘルプデスクによる不具合対応方法は以下の2種類がある。

- ・学校等施設に出向いてのサポート
- ・ヘルプデスク用電話への問い合わせ

VoIP システムに関してヘルプデスクが対応した内容を下記に示す。

1) 学校等施設に出向いてのサポートでの VoIP システムに関する対応は表 4.3.3 学校等施設に出向いてのサポートの通りである。

表 4.3.3 学校等施設に出向いてのサポート

現象	原因	対応	件数
ネットフォンが起動しない	IP アドレスが取得できていない	カードの抜き差しあるいはコマンドで再取得	8
	LAN カードの故障	予備 LAN カードに交換	5
ログインできない	ID・パスワードの入力間違い	正確な ID・パスワードでログイン可能を確認	2
	ID 全角で入力している	正確な ID・パスワードでログイン可能を確認	3
聞こえない	ヘッドセットのマイクとスピーカのピンの挿し間違い	ピンを指し直し、回復を確認	6
	PC で音声ミュートされている	ミュートを解除	13
	不明	ソフトウェア再起動で回復	3
呼んでいるのに着信しない	詳細は別途記載	詳細は別途記載	5
-	-	-計	45

システム的な問題が原因となっているものは「呼んでいるのに着信しない」問題だけである。この件に関しては 4.3.1.4.1 不着信問題に詳細を記載する。

2) ヘルプデスク用電話への問い合わせは表 4.3.4 ヘルプデスク用電話への問い合わせの通りである。

表 4.3.4 ヘルプデスク用電話への問い合わせ

日 時	概 要	対応・原因
平成 15 年 10 月 20 日	ネットフォン 何を入力してログインしたらよいか	ログイン ID を入れる方法を説明
平成 15 年 11 月 4 日	ネットフォンに登録したメールアドレスが間違っている	メールアドレスを修正
平成 15 年 12 月 2 日	ネットフォンにログインできない	実際に試すとログインが出来た。様子を見てもらうよう依頼
平成 15 年 12 月 8 日	ネットフォン 音が出ない	ヘッドセットのジャックが逆
平成 15 年 12 月 8 日	ネットフォン コメントの付け方を知りたい	手続きの方法についてメールで案内
平成 16 年 1 月 16 日	ネットフォン 電話帳が出ない	実際に試すと電話帳閲覧可能であった。モニタにも見られることを確認してもらった。

上記の表のとおり、ヘルプデスク用電話での対応は 6 件あった。内容としては単なる問い合わせと端末オペレーションの問題であり、システム的な問題はなかった。

VoIP システムに関してのヘルプデスクの対応を見ると、学校等施設に向いてのサポートで発生した対応件数(45 件)及びヘルプデスク用電話への問い合わせ(6 件)を合わせると 51 件である。このうち、端末が原因での対応・ネットワークが原因での対応・端末オペレーションが原因での対応・問い合わせなどがほとんどである。システム的に問題となったものは後述する「呼んでいるのに着信しない」問題だけであった。

4.3.1.3.2. モニタへのアンケート

VoIP (F.F.-VoIP 含む) システム利用者にアンケートを実施した。その中で、利用する環境によって大きく評価が分かれるケースがあった。以下に異なる環境で使用した第三小学校・第七小学校のアンケート結果を示す。

1) 第三小学校でのアンケート結果

第三小学校でのアンケート結果を図 4.3.7 第三小学校での品質・安定性に関するア

ンケート結果に示す。

VoIP システムの使用環境 : 1 教室内で 30 台～35 台の端末が同時に無線 LAN で使用

アンケート実施日 : 平成 16 年 3 月 2～4 日

対象 : 第三小学校 5 年生・6 年生児童

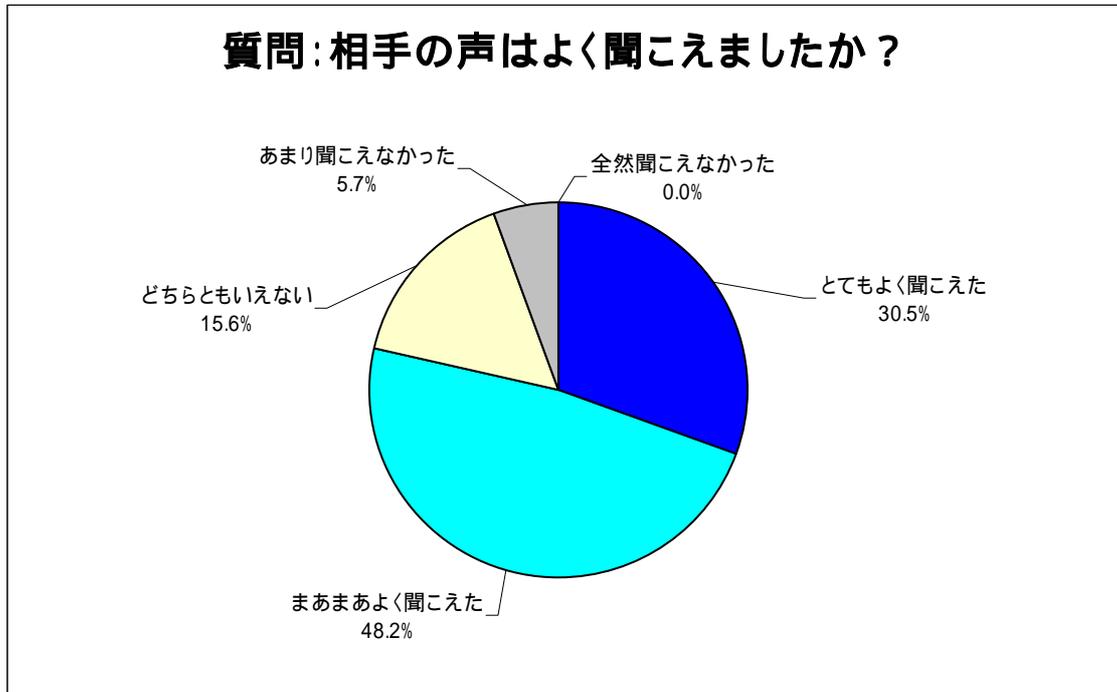


図 4.3.7 第三小学校での品質・安定性に関するアンケート結果

下記はアンケートで、自由記述欄に記載された VoIP システムの安定性・品質に関するコメントの一部を抜粋したものである。

- ・時々聞こえない
- ・声が途切れ途切れだった
- ・開いていない時に電話が出来ないのはすごい難点
- ・うまく通話できない場合があったため（当日、無線ランの調子がよくなかった為残念だった）

2) 第七小学校でのアンケート結果

第七小学校でのアンケート結果を図 4.3.8 第七小学校での品質・安定性に関するアンケート結果に示す。

VoIP システムの使用環境 : 端末は 1 台で有線で LAN に接続

アンケート実施日 : 平成 16 年 2 月 17 日

対象 : 第七小学校 5 年生児童

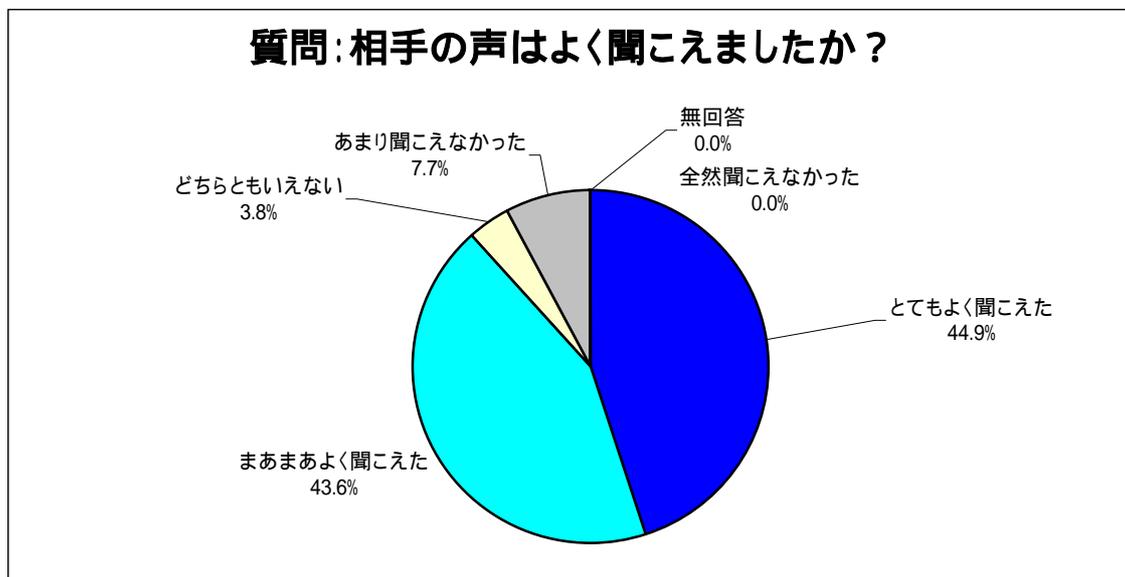


図 4.3.8 第七小学校での品質・安定性に関するアンケート結果

下記は実施したアンケートにおいて、自由記述欄に記載された VoIP システムの安定性・品質に関するコメントの一部を抜粋したものである。

- ・映像もあったし意外と聞きやすい
- ・システムの操作、準備は簡単
- ・フリーズがなくて良かった。システムを使っていて、フリーズしてしまうとイヤになる。

第三小学校児童に対して実施したアンケートを見ると、(相手の声が)「全く聞こえなかった」・「いつも途切れていた」を選択した生徒はともに 0.0%であり、VoIP システムの動作としては安定したと言える。音声の聴き易さに関して F.F. -VoIP を使用しての遠隔授業を行った第七小学校でもアンケートを実施した。この結果を第三小学校と比較すると、第三小学校では「とてもよく聞こえた」が 30.5%であり、自由記述欄に「音声時々途切れた」と言った内容があるのに対し、第七小学校の合計は 44.9%が「とてもよく聞こえた」と回答しており、格差があることがわかる。

この原因を考察すると、第三小学校では、1 教室内において 30 台～35 台の端末が無

線 LAN を使用して VoIP システムを利用したのに対し、第七小学校では、1 台の端末が有線で VoIP システムを利用した、といったように使用環境の差がある。

4.3.1.3.3. サーバログ解析

VoIP システムは電話帳管理サーバと LDAP サーバの 2 台構成である。それぞれサーバには下記のログがある。

- 電話帳管理サーバ

- /var/log/messages システムに関するログ

- /var/log/httpd-error.log apache のエラーに関するログ

- LDAP サーバ

- /var/log/messages システムに関するログ

- /var/log/syslog.log LDAP 機能に関するログ

これらのログを解析した。

1) 電話帳管理サーバ

①/var/log/messages にでていた正常でないログ

```
Oct 22 11:08:55 voip-web login: 4 LOGIN FAILURES ON ttyv0
Oct 22 11:08:55 voip-web login: 4 LOGIN FAILURES ON ttyv0, root
Oct 22 11:34:28 voip-web login: 4 LOGIN FAILURES ON ttyv0
Oct 22 11:34:28 voip-web login: 4 LOGIN FAILURES ON ttyv0, root
Oct 22 11:42:58 voip-web login: 1 LOGIN FAILURE ON ttyv0
Oct 22 11:42:58 voip-web login: 1 LOGIN FAILURE ON ttyv0, root
Oct 25 21:23:26 voip-web shutdown: halt by system:
Dec 25 10:36:44 voip-web /kernel: em0: Link is Down
Dec 25 10:39:28 voip-web /kernel: em0: Link is up 100 Mbps Full Duplex
Feb 26 22:46:06 voip-web su: BAD SU system to root on /dev/ttyv0
Feb 26 22:50:41 voip-web su: BAD SU system to root on /dev/ttyv0
```

上記ログのうち「shutdown」「Link is Down」の記録は停電および検証作業によるものである。ログを解析した結果、動作が不安定であること示すログはなかった。

②/var/log/httpd-error.log に出力された内容

```
[Fri Feb 13 16:00:21 平成 16 年] [error] [client 2001:240:2f:200:c5a7:dab1:7dc0:84d2]
Directory index forbidden by rule: /usr/local/apache/htdocs/
[Fri Feb 13 16:11:16 平成 16 年] [error] [client 2001:240:2f:200:c5a7:dab1:7dc0:84d2]
user root not found: /admin/user/add.php
[Fri Feb 13 16:13:26 平成 16 年] [error] [client 2001:240:2f:200:c5a7:dab1:7dc0:84d2]
user root not found: /admin/user/select.php
```

ログを解析した結果、動作が不安定であること示すログはなかった。

2)LDAP サーバ

①/var/log/messages にでていた正常でないログ

```
Oct 25 21:28:18 voip-web shutdown: halt by system:
Nov 13 16:41:28 voip-ldp su: BAD SU system to root on /dev/tty0
Nov 18 17:30:42 voip-ldp login: 1 LOGIN FAILURE ON ttyv0
Nov 18 17:30:42 voip-ldp login: 1 LOGIN FAILURE ON ttyv0, ^[[J
Dec 25 10:37:21 voip-ldp login: 1 LOGIN FAILURE ON ttyv0
Dec 25 10:37:21 voip-ldp login: 1 LOGIN FAILURE ON ttyv0, system
Dec 25 10:38:32 voip-ldp /kernel: em0: Link is Down
Dec 25 10:41:16 voip-ldp /kernel: em0: Link is up 100 Mbps Full Duplex
Jan 29 09:44:34 voip-ldp su: BAD SU system to root on /dev/tty0
Feb 26 18:16:02 voip-ldp sshd[33439]: fatal: Timeout before
authentication for 2001:c30:101:4200:207:40ff:fe78:47a1.
Mar 10 18:39:55 voip-ldp su: BAD SU system to root on /dev/tty0
```

上記ログのうち「shutdown」「Link is Down」の記録は停電および検証作業によるものである。ログを解析した結果動作が不安定であること示すログはなかった。

②LDAP サーバの/var/log/syslog.log

このログには LDAP に関する情報が記載される。一部を抜粋すると下記のようなログとなる。

```
Mar 13 21:53:12 voip-ldp slapd[289]: conn=373479 op=0 BIND dn="CN=KISARA, C=JP"  
method=128  
Mar 13 21:53:12 voip-ldp slapd[289]: conn=373479 op=0 RESULT tag=97 err=0 text=  
Mar 13 21:53:12 voip-ldp slapd[289]: conn=373479  
op=1 SRCH base="dc=0, dc=3, dc=0, dc=1, dc=8, dc=e164, dc=arpa" scope=2 filter="(uid=03099281353)"  
Mar 13 21:53:12 voip-ldp slapd[289]: conn=373479 op=1 SEARCH RESULT tag=101 err=0 text=  
Mar 13 21:53:13 voip-ldp slapd[289]: conn=373479 op=2 UNBIND
```

上記ログから LDAP シーケンスの以下の動作が確認できる

- LDAP サーババインド
- LDAP サーバから通話相手の情報を検索
- 通話相手の情報を取得
- LDAP サーバアンバインド

このログで解析できる通話数に関するの詳細は 4.3.1.2.3 通話数を参照することとする。解析した結果、LDAP シーケンスの異常を示すログはなかった。

3) 監視ツールによる解析

VoIP システムサーバが収容されているスイッチのポートにて、平成 15 年 11 月中旬より監視ツールでトラフィックを計測している。監視ツールではスイッチのポートに流入する (VoIP サーバより送出される) トラフィックは緑色で、スイッチのポートから送出される (VoIP サーバに流入する) トラフィックは青色で表示される。なお、実際の通信は端末間で発生するため、電話帳管理サーバと LDAP サーバには接続および管理用のトラフィックのみ計測される。また、下記の図はトラフィックを一日平均で表示しており、サーバにアクセスが集中した際は、実際には短時間に大きなトラフィックが発生している。

①LDAP サーバのトラフィック

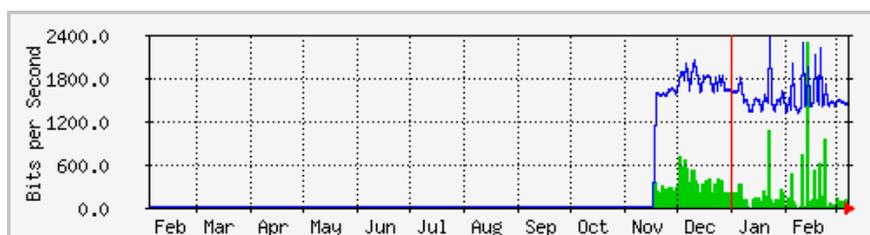


図 4.3.9 LDAP サーバのトラフィック

②電話帳管理サーバのトラフィック

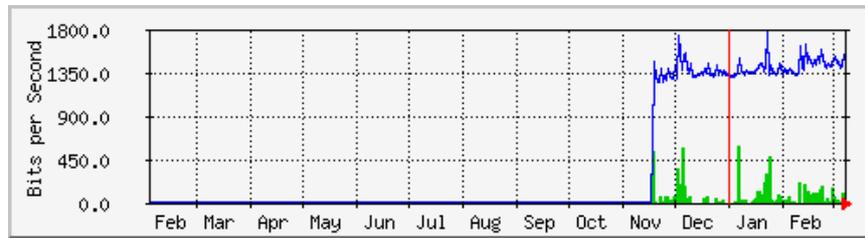


図 4.3.10 電話帳管理サーバのトラフィック

③アクセス集中時の LDAP サーバの CPU 負荷

また、多数の VoIP 利用があらかじめ想定された平成 16 年 2 月 20 日の第三小学校での英語授業の際に LDAP サーバにおける CPU の負荷率を確認するため、監視ツールにて CPU の使用率を測定した。以下がその結果である。

・20 日の状況

第三小学校の 3 時間目、4 時間目の授業にて VoIP システムを使用した。この計 90 分間に 780 通話前後が集中的に発生している。

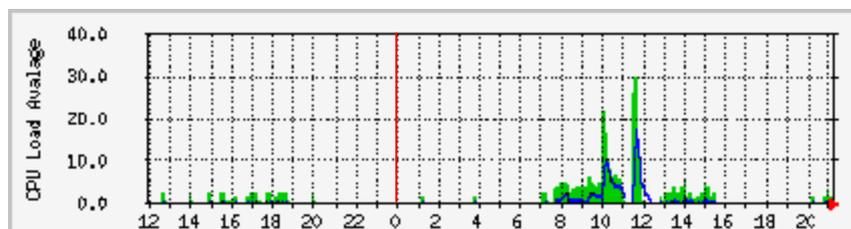


図 4.3.11 アクセス集中時の LDAP サーバの CPU 負荷

監視ツールを使用しての解析の結果、電話帳管理サーバ・LDAP サーバとも不安定動作した形跡はなかった。

サーバのログを確認すると「LOGIN FAILURE」や「BAD SU」などパスワード入力間違いといった人為的なミスによる記録、計画作業によるシステム停止あるいは「Link down」のログ、ログインタイムアウトのログであり、VoIP が不安定となったことを示すログはなかった。サーバにアクセスが集中するタイミングを計り LDAP サーバの CPU 負荷を監視していたが、約 90 分の間に 780 通話が発生した際も最高で 30%であり、リ

ソースだけを勘案すると大分余裕があった。ログを解析した結果、検証期間中 VoIP システムは非常に安定していたといえる。

4.3.1.4. 不具合対応

4.3.1.4.1. 不着信問題

1) 現象

同一ネットワーク内（図 4.3.12 不着信問題参照）で使用している端末 A、端末 B で着信しないという問題。端末 A から端末 B に発信すると端末 B で着信しない。端末 A では呼び出し音も鳴り正常に動作しているように見える。

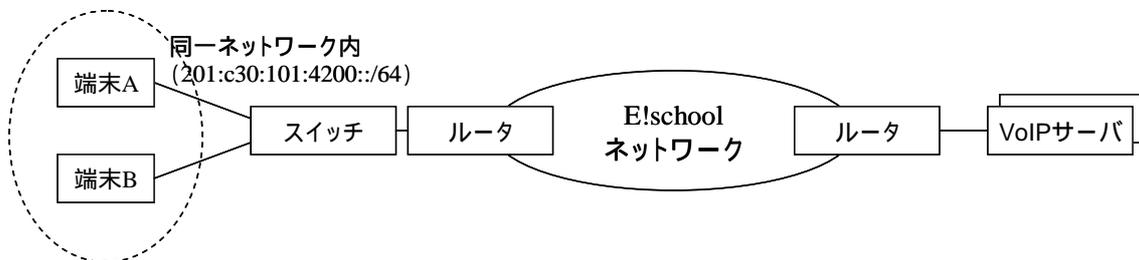


図 4.3.12 不着信問題

2) 原因

発信端末 A においてパケットをキャプチャした結果を見ると、LDAP サーバは着信端末 B の情報を下記のように端末 A に返していた。これを見ると、サーバはユーザ ID とニックネームは正しく情報を返しているが、アドレスを 2001:c30:101:4401~と返しており、実際に端末 B が存在する 2001:c30:101:4200~とは異なっていることがわかる。

・LDAP サーバからのパケットの内容（抜粋）

```
Attribute: uid      Value: 03099086855
Attribute: sfNickName      Value: 3s5224
Attribute:sfGlobalIpAddr   Value: 2001:c30:101:4401:207:40ff:fe78:7aa9
```

着信端末 B の以下のレジストリを確認すると、端末が接続しているネットワークを切り替えても、本来自動的に更新される値が変わらず残っていることがわかった。

```
・着信端末 B のレジストリ
¥HKEY_LOCAL_MACHINE¥SOFTWARE¥Softfront Net Phone¥SIP¥LocalHost 値
```

この値を手動で変更したところ、着信が可能になったことを確認できた。

4.3.1.5. まとめ

検証期間中にヘルプデスクが対応した履歴を見ると、中心となっているのはクライアント端末使用者のオペレーションの問題、クライアント端末の問題であることがわかる。VoIP システムが原因の対応は不着信の問題のみであった。アンケートの結果を見ると、使用する環境により品質に差が生じているところがあることがわかるが、多数のクライアントが無線 LAN で使用する場合でも、「よく聞こえた」「まあまあ聞こえた」を合計すると 78.7% になり、実用面での大きな支障はないといえる。音の途切れの発生を抑える必要がある場合は有線で LAN に接続するなどの対応策がある。

ログを解析したが異常を示す記録はなく、短時間に多くのアクセスが集中する場合でもサーバは安定して動作していたことがわかる。

以上の結果を考慮すると、VoIP システムとして長期間の運用でも安定的に動作していたと言える。

4.3.2. VoIP システムのユーザの視点からの有効性

4.3.2.1. 概要

「平成 14 年度 e!プロジェクト教育分野」にて使用した VoIP システムのアプリケーション「ネットフォン」のソフトウェアとアカウントを使用したモニタにアンケートを実施し、結果から操作性、利便性、有効性について検証を行う。VoIP システムの主な利用シーンを表 4.3.5 VoIP システム利用シーン一覧に示す。

表 4.3.5 VoIP システム利用シーン一覧

利用シーン	対象者	利用場所	人数	期間	詳細
コミュニティー内 コミュニケーション	e-モニタ	e-モニタ自宅	76人	平成15年9月～3月	いつでも使用可能
英語学習 生徒間コミュニケーション	三鷹市立第三小学校児童 5年生、6年生	第三小学校視聴覚室	143人	平成16年2月	総合的学習の時間 (英語学習)各クラス 2回ずつ
英語授業	三鷹市立第四中学校生徒 2年生 1クラス	第四中学校教室	21人	平成15年10月	英語授業(選択授 業)1クラス
地域・学校間の遠隔授業	三鷹市立第七小学校児童 5年生	第七小学校図書室	78人	平成16年1月	三鷹市施設との遠隔 授業
	三鷹市駅前市政窓口	三鷹市駅前市政窓口	4人	平成16年1月26日	第七小学校対応
	図書館(駅前図書館)	図書館(駅前図書館)	1人	平成16年2月2日	第七小学校対応
	社会教育会館	社会教育会館	3人	平成16年2月6日	第七小学校対応
地域間コミュニケーション	TV電話相談システム利用 者	三鷹市駅前市政窓口	5人 (アンケート 回答数)	平成15年12月～3 月	いつでも使用可能
		市役所	13人 (アンケート 回答数)		

4.3.2.2. 利用頻度

(1) 学校での利用状況

学校における VoIP システムの利用は表 4.3.5 VoIP システム利用シーン一覧に示すとおり、第三小学校、第四中学校の英語の授業や、第七小学校と市施設とを結んだ遠隔授業にて主に利用された。

授業以外の児童生徒間コミュニケーションとしての通信に関しては、表 4.3.6 ネットフォンの利用目的(第四中学校生徒)およびLDAP サーバのログを調べた結果からほとんど通信が行われていないことがわかった。その理由としては児童・生徒が学校にいる間についてはコミュニケーションを取りたい相手と同じ校舎内にいる、もしくは授業中であるために利用する必要がなく、また帰宅時等については全ての児童が家庭で無線 LAN を使用できる環境にないという点と常に端末およびアプリケーションを起動していないという点から通信できる条件が揃わなかったためと考えられる。

表 4.3.6 ネットフォンの利用目的（第四中学校生徒）

利用シーン	%
授業の一環で	100%
休み時間などに友達とのコミュニケーション	0%
その他	0%

(2) 市民 e モニタ

日常的に使用可能であった e モニタに対してアンケートにてネットフォンの利用頻度について質問した。その結果が図 4.3.13 ネットフォン使用頻度（e モニタ）である。

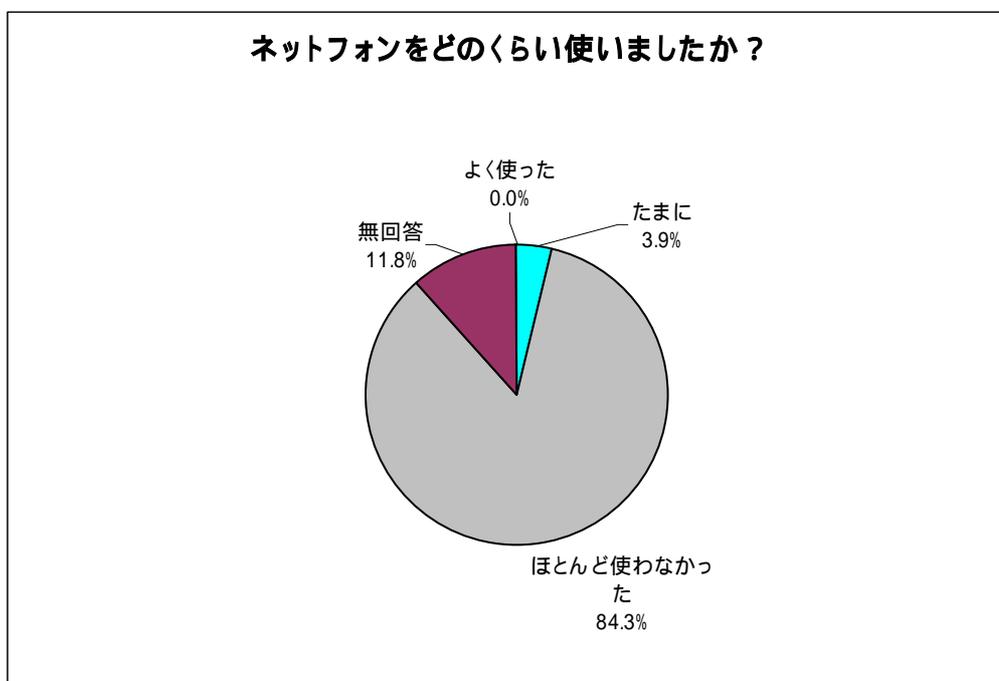


図 4.3.13 ネットフォン使用頻度（e モニタ）

「ほとんど使わなかった」が 84.3%と大多数を占める結果となった。使用しなかった理由を聞いた結果が表 4.3.7 ネットフォンを使用しなかった理由（e モニタ）である。

表 4.3.7 ネットフォンを使用しなかった理由 (e モニタ)

理由	操作が難しい	使い方がわからない	相手がいない	システム トラブル	心理的抵抗	その他
	3.1%	7.8%	56.3%	4.7%	15.6%	12.5%

「その他」の理由として「使うときに相手が起動していなかった」「自宅にいないと使えない。相手と時間が合わない」「使える相手が限られている」などが挙げられていた。

このアンケート結果から「相手がいない」ことが最大の理由であることが分かる。これには以下の3点が大きな理由と考えられる。

(1) 1)通話可能なユーザ範囲

ネットフォンは、システムの問題として通話可能な相手がネットフォン使用のユーザに限られているため、通話の相手が限られていた。

(2) 2)e モニタ間のコミュニティ

e モニタは三鷹市民一般から広く公募しており、知り合い同士やグループで参加している人は稀であった。よって、モニタ間でコミュニケーションを行いたいという通信発生の条件が少なかった。

(3) 3)ニックネーム (電話番号) の交換

e モニタ向けのインターネット電話帳でのニックネーム等の公開は個人情報保護やセキュリティの問題から、e モニタ情報については個人情報を除いたニックネームのみを、児童生徒の情報についてはニックネーム自体の公開もしていなかった (ニックネームを児童生徒から入手すれば、e モニター児童生徒間であっても通話可能)。通信相手のニックネームの交換についてはモニタ間での交流の中でモニタ自身の意思で実施するようになっていた。

上記 2)および 3)の問題を解決するために、e モニタ間でのコミュニティ作りを狙いの一つとした「e モニタ集会」を数回開催した。その機会を活用し他の e モニタと交流を深めネットフォンで会話をしたモニタもいるようだが、参加が任意だったこともあり、多くの e モニタが頻繁にネットフォンを使ったコミュニケーションを行うには至らなかったと考えられる。アンケートの結果の「心理的抵抗」(15.6%)については初対面もしくは親密な交流が未だ無い e モニタと通信しないといけないというプレッシャーとも考えられる。

また、注目すべき点として「使うときに相手が起動していなかった」という理由があ

る。

ネットフォンでは誰かに電話をかける際、相手もネットフォンを起動している必要があるが、図 4.3.14 普段のパソコン起動状況に示すとおり端末を常時起動しているユーザが 15.7%しかいない状況では「使うときに相手が起動していなかった」という理由はやむをえないと考える。

「相手がいない」という問題に起因すると思われるユーザからの改善要望は多く挙げられているが、その詳細については 4.3.2.1.3. 各機能の充実度と有効性にて説明をする。

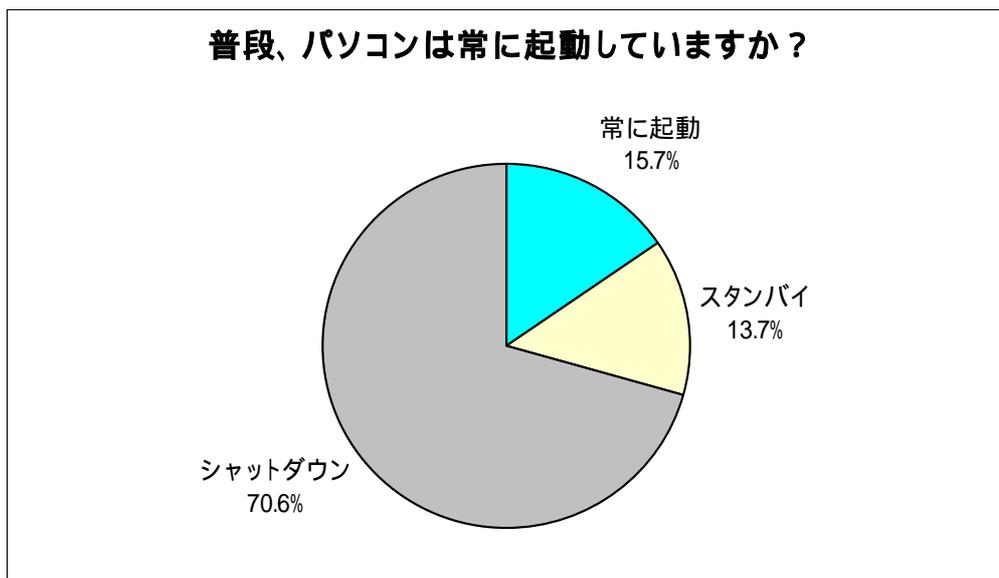


図 4.3.14 普段のパソコン起動状況 (e モニタ)

4.3.2.3. クライアントアプリケーションの操作性

ネットフォンを使用したモニタに対してアンケートを行いネットフォンの操作性について問い合わせた。表 4.3.8 ネットフォン操作性評価モニタ分類内訳のようにモニタを分類し、それぞれ集計したその結果が図 4.3.15 ネットフォンの操作性 (大人) と図 4.3.16 ネットフォンの操作性 (子供) である。

表 4.3.8 ネットフォン操作性評価モニタ分類内訳

大人	子供
第三小学校先生 第三小学校ボランティア e モニタ 三鷹駅市政窓口 市役所	第三小学校児童 第四中学校生徒

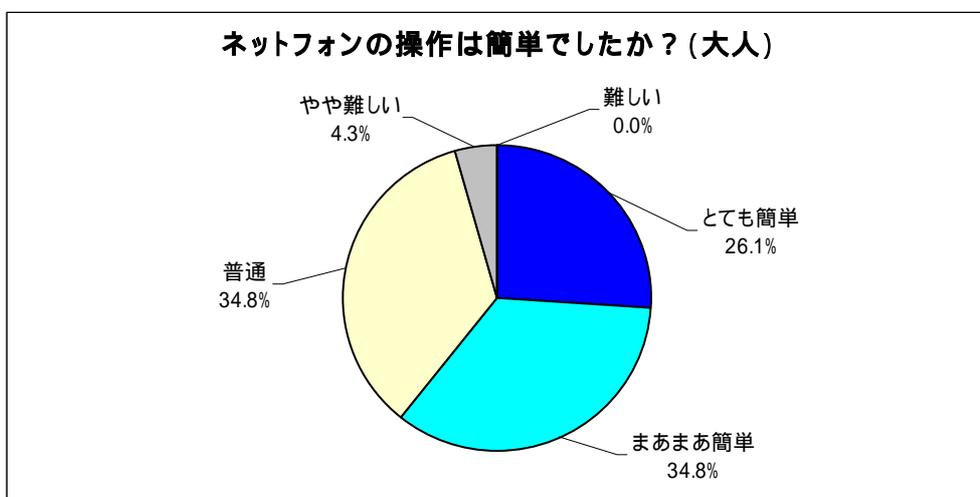


図 4.3.15 ネットフォンの操作性 (大人)

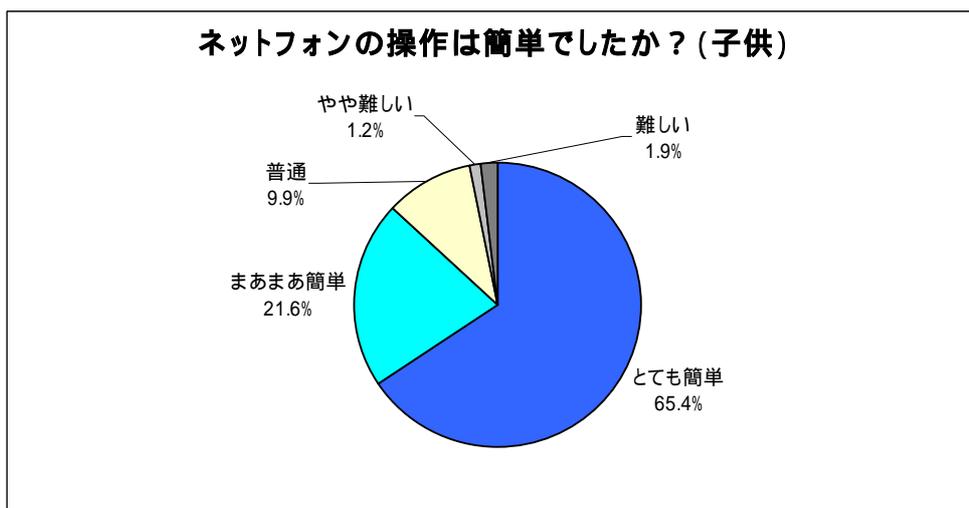


図 4.3.16 ネットフォンの操作性 (子供)

上記の操作性に関するアンケートの結果、大人でも子供でも「やや難しい」「難しい」と感じたモニタは 5%以下と少なく、クライアントアプリケーションについては幅広い年代が使用するクライアントとして十分な操作性を有していると考えられる。その理由として本実証実験のネットフォンを開発する際にベースとなった VoIP システムを小学生の利用も想定して GUI を簡易なものに変更した事が挙げられる。図 4.3.17 ネットフォン画面のインターフェイスの比較にベースとなったネットフォンとのクライアントアプリケーションの GUI の比較を示す。



図 4.3.17 ネットフォン画面のインターフェイスの比較

4.3.2.4. 各機能の充実度と有効性

(1) ネットフォンの付加機能について

ネットフォンには一般の電話にはみられない機能として「文字チャット機能」「ファイル転送」などが備わっている。各機能の詳細については表 4.3.9 ネットフォン便利な機能一覧に示す。

表 4.3.9 ネットフォン便利な機能一覧

文字チャット	テキストを相手のネットフォンの文字チャット枠に表示する事が出来る
ニックネーム	英数字で自由に決める事が出来るニックネームを使って電話をかける事が出来る
ステータス 変更	「お話できません」「席を外しています」など、自分の状態を示す事が出来る
ファイル転送	ファイルを相手に送る事が出来る
インターネット 電話帳	Web ページの電話帳で、ステータスや自己紹介文などが閲覧出来る

これらの機能が有効であるかについて各モニタに問い合わせた。ネットフォンを英語の授業で使用した第三小学校児童に問い合わせた結果が図 4.3.18 ネットフォンにおけるニックネーム機能の有効性について（第三小学校児童）と図 4.3.19 ネットフォンにおける文字チャット機能の有効性について（第三小学校児童）である。英語の授業中だけの使用であったため、「ニックネーム機能」と「文字チャット機能」についてのみ問い合わせた。

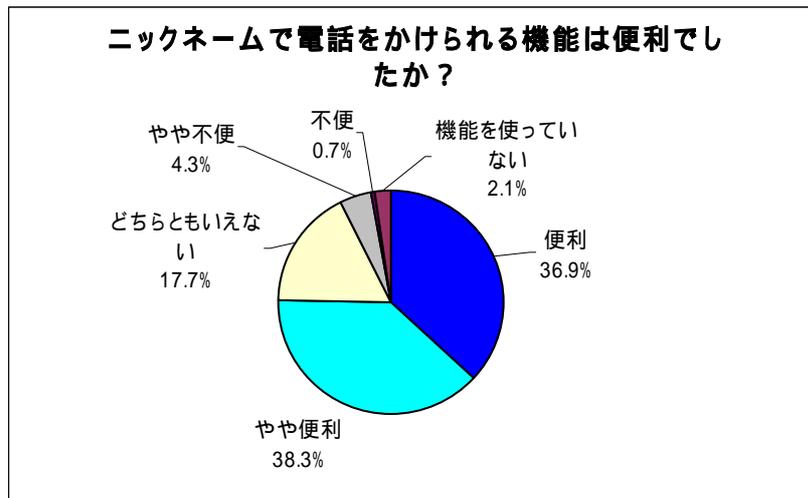


図 4.3.18 ネットフォンにおけるニックネーム機能の有効性について（第三小学校児童）

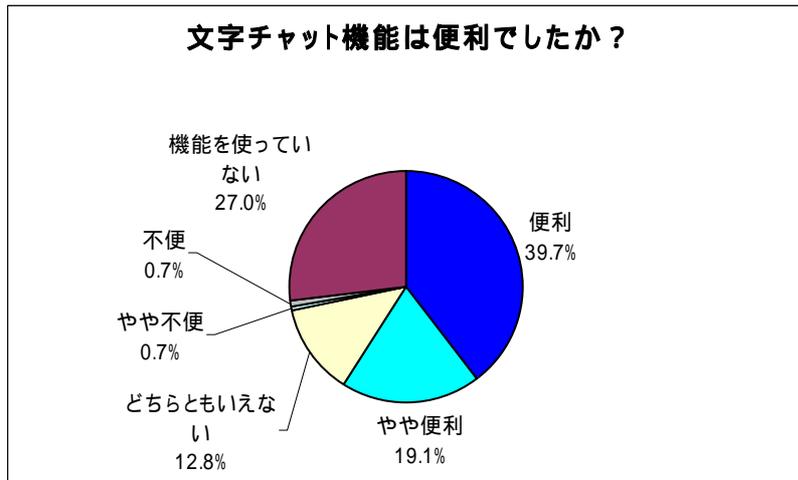


図 4.3.19 ネットフォンにおける文字チャット機能の有効性について（第三小学校児童）

「ニックネーム機能」については、「便利」と「やや便利」を合わせて 75.2%の児童が便利であったと回答している。また、文字チャット機能についても「便利」と「やや便利」を合わせて 58.8%で、半数以上の児童が便利であると回答している。機能を使っていない児童が 27.0%存在するのは、この機能が授業内容に必須ではなかったためと考えられる。

また、e モニタへこれらの機能を今後も使いたいかわき合わせた結果が以下である。

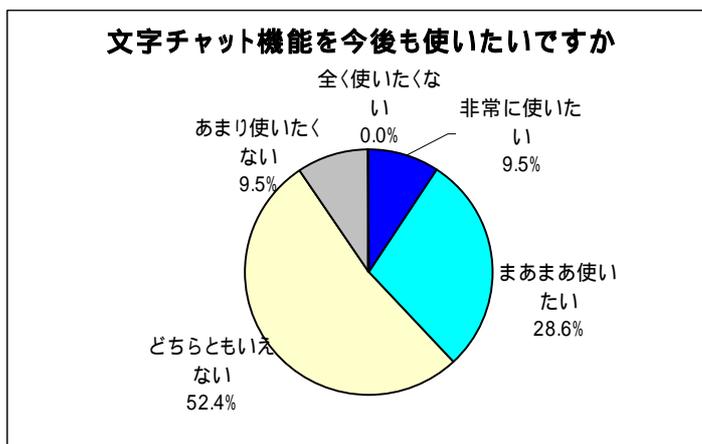


図 4.3.20 文字チャット機能の有効性（e モニタ）

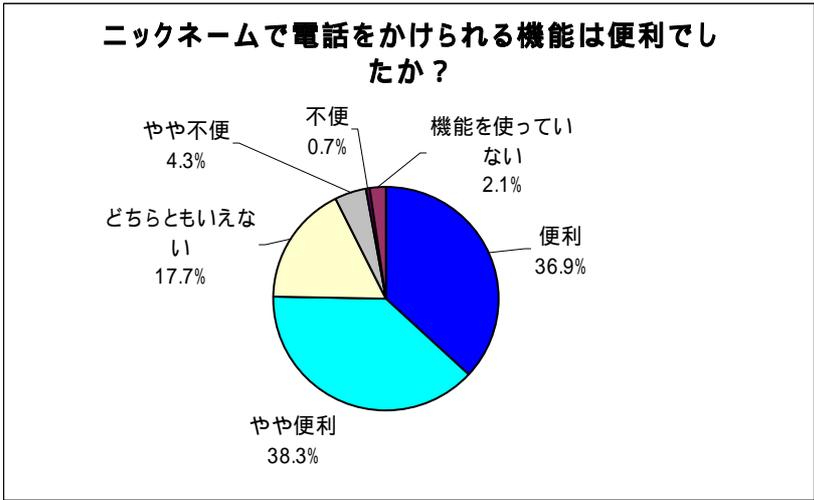


図 4.3.21 ニックネーム機能の有効性 (e モニタ)

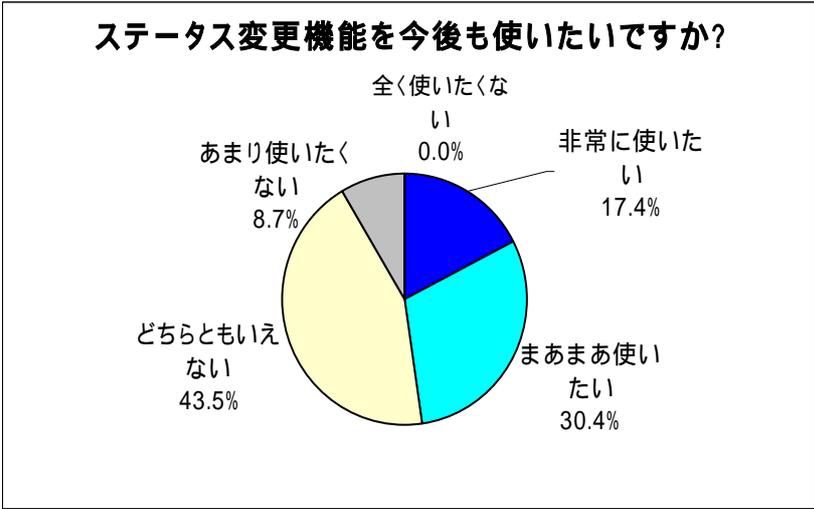


図 4.3.22 ステータス変更機能の有効性 (e モニタ)

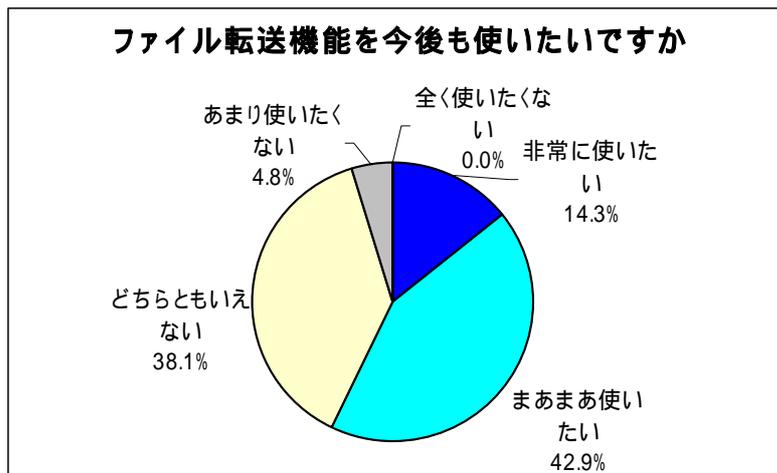


図 4.3.23 ファイル転送機能の有効性 (e モニタ)

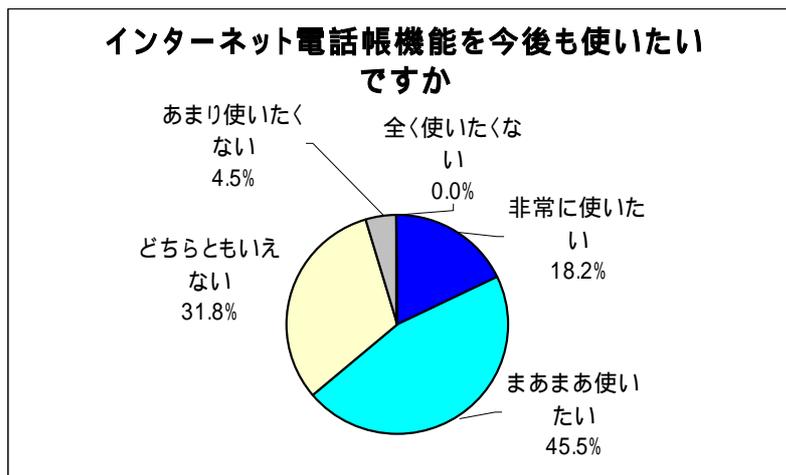


図 4.3.24 インターネット電話帳機能の有効性 (e モニタ)

アンケートの結果から、どの機能も約半数の e モニタが有効であると考えた機能であることが分かった。各 e モニタのアンケート結果を見ると、こうした機能を複数備えることによって有効なツールとなることがわかる。ネットフォンは電話機能と共に使用できる機能の例として文字チャットやファイル転送などの機能を備えていたが、他にも電話機能と同時使用することで有益なものとしてホワイトボードなどが考えられる。

(2) 学校授業でのネットフォン利用について

ネットフォンを英語の授業に使用した第三小学校児童に、英語の授業でのネットフォンを使つての感想を問い合わせた結果、78.4%の児童が「とてもよかった」「まあまあよかった」と回答しており、多くの児童がネットフォンを使つて「よかった」との感想を抱いた事が分かる。なぜ良かったのかについて質問した結果を図 4.3.25 ネットフォンを使つてよかった理由（第三小学校児童）に示す。

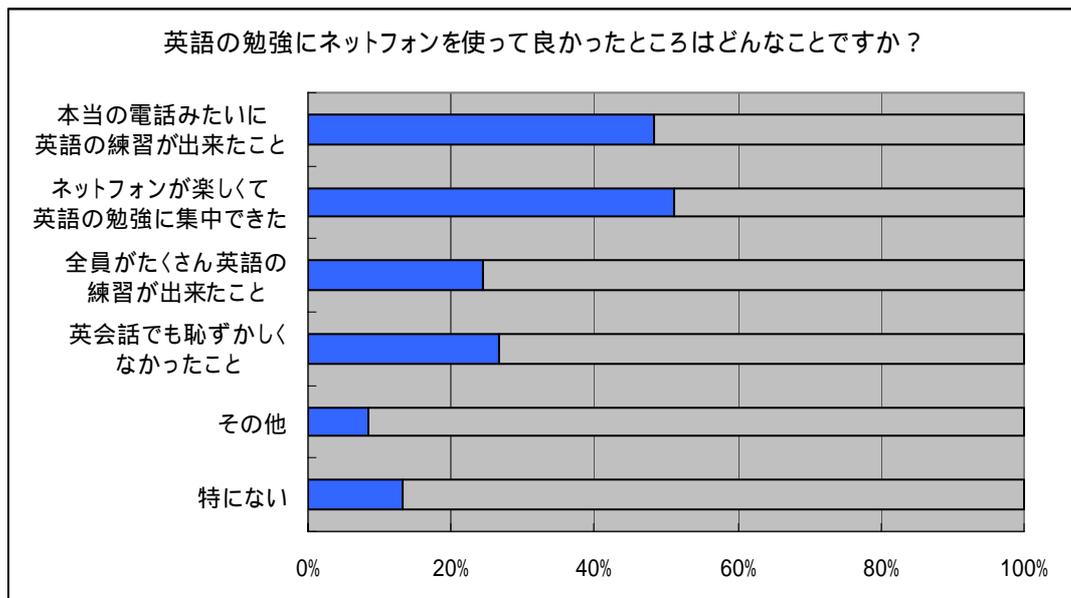


図 4.3.25 ネットフォンを使つてよかった理由（第三小学校児童）

第三小学校の英語の授業の例では「英語で電話をかける」ことがテーマであったため、本来の電話のように、お互いの顔が見えないところで会話をする事が出来たことに対する評価が高い。また、「ネットフォンを使うのが楽しい」という感想も多く、図 4.3.7 第三小学校での品質・安定性に関するアンケート結果で示したとおり、品質、安定性ともに一般の電話と変わらない機能を実現出来たことが要因ではないかと考えられる。

また、今後も使いたいかという質問に対して、図 4.3.26 ネットフォンを使用したいか（第三小学校児童）に示す通り、今後もネットフォンを使いたいという感想が 98.6%を占めた。これらから、第三小学校の児童にはかなり高い評価を得られていることが分かる。以上のことから、VoIP システムは一般の電話の機能として使うだけでなく、授業中に使用するツールとしても有効であったことが分かった。さらに、VoIP システムの活用として電話をかける事だけでなく、チャット機能を利用して英語のスペルを入力したり、インターネット上の英和、和英辞書を利用したりなど、パソコンの多機能性を存分に活かした授業展開も期待できる。

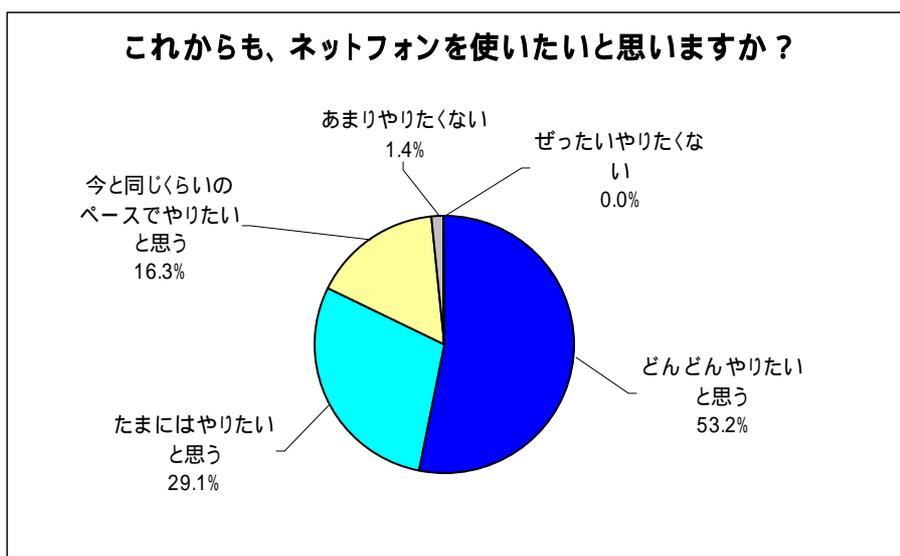


図 4.3.26 ネットフォンを使用したいか（第三小学校児童）

また、第四中学校では表 4.3.5 VoIP システム利用シーソー一覧で示した通り英語の授業でネットフォンを使用した。その生徒に授業でネットフォンを使った事に対する感想を自由に記述してもらった。21 人中 5 人から回答があった。表 4.3.10 ネットフォンを使った感想（第四中学校生徒）がその結果である。

表 4.3.10 ネットフォンを使った感想（第四中学校生徒）

クラス	性別	感想
2-A	女	楽しかった
2-B	女	ネットフォンを使った授業は楽しかった。でも回りがうるさいのもあって先生の声がよく聞こえなかった
2-B	女	しゃべりながら文字チャットができることがよかった
2-B	女	ネットフォンは結構楽しかった
2-B	女	ネットフォンがもっと普及するといいと思う

ネットフォンを使った授業は「楽しかった」という感想が見られる。女子生徒からの感想が多く、この年代の女性は電話などを使用したコミュニケーションに関心が高いことが伺える。全体的にアンケートへの回答者数が少ないため授業に有効なツールかどうかは一概には言えないが、上記のような感想があった事は事実である。また「ネットフォンがもっと普及するいいと思う」という感想や、ネットフォンを使用した第四中学校生徒に質問したネットフォンの改善点についてのアンケートの結果（図 4.3.27 ネットフォンの改善点（第四中学校生徒））から、授業で使用するツールであるだけでなく一

一般的な通話手段として使用を望んでいる様子も見られた。

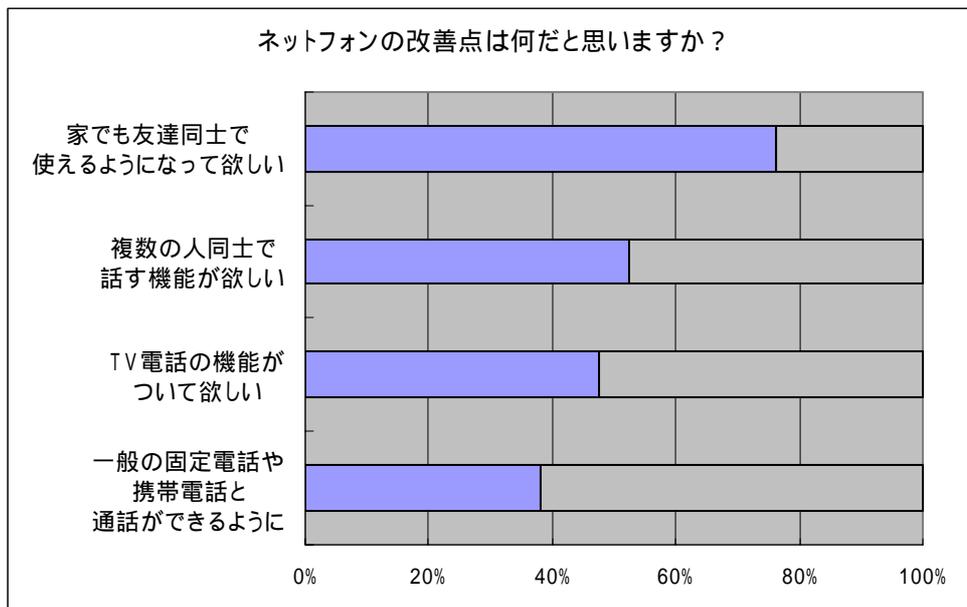


図 4.3.27 ネットフォンの改善点 (第四中学校生徒)

(3) 一般的な電話機能としての有効性について

次に、一般的な電話の機能として VoIP システムが有効であるかを検証するため、e モニタに現在のネットフォンの評価できる点と改善点について質問した。その結果を図 4.3.28 ネットフォンの評価できる点 (e モニタ) と図 4.3.29 ネットフォン改善点 (e モニタ) に示す。

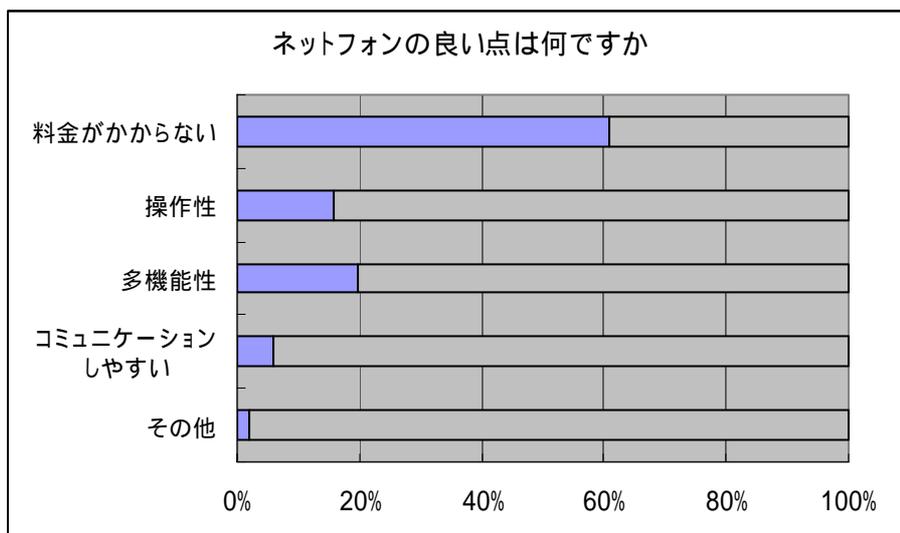


図 4.3.28 ネットフォンの評価できる点 (e モニタ)

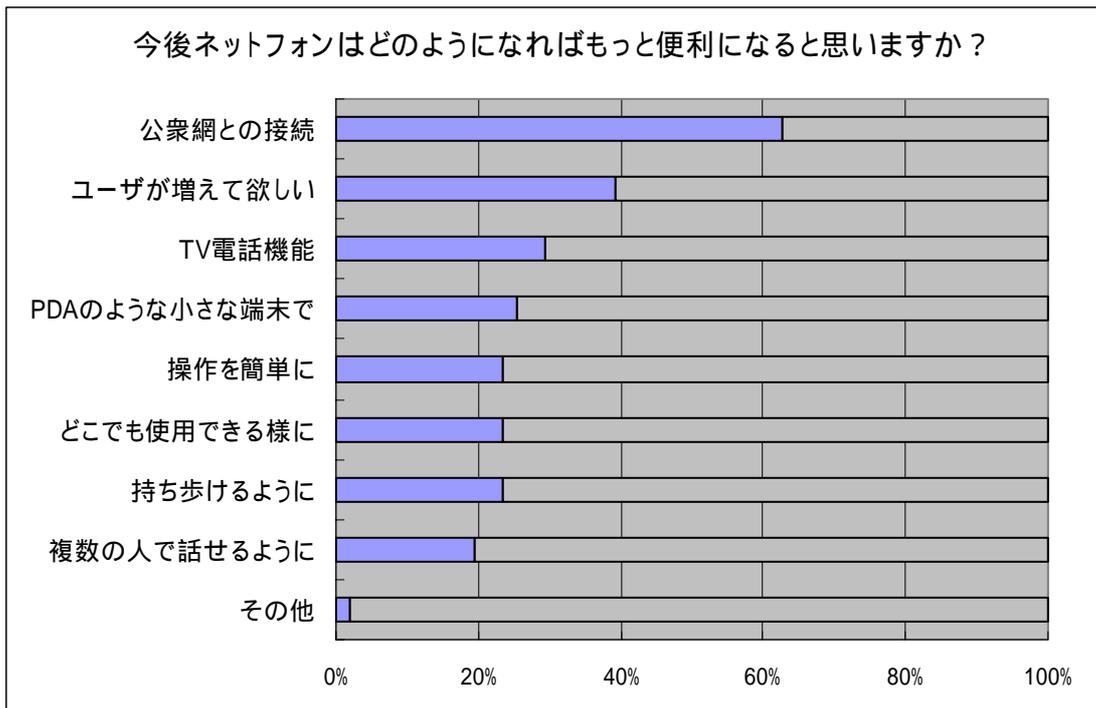


図 4.3.29 ネットフォン改善点 (e モニタ)

ネットフォンの良い点として「料金がかからないこと」が最も評価されている。「友達と電話料金を気にせず話すことが出来るのがいい」というコメントもあった。

また、ネットフォンの改善点としては、「公衆網との接続」、「ユーザが増えること」の要望が多い。使用頻度が低かった理由として「相手がいなくて使う事が出来なかった」という結果(表 4.3.7 ネットフォンを使用しなかった理由 (e モニタ))と関連した要望と考えられる。公衆網の接続については、技術的にはゲートウェイ装置を導入する事によってネットフォンからの発信が可能である。今回の実証実験では料金面での問題や、公衆網との接続が目的ではなかったため実装していない。

e モニタが要望するネットフォンに対する改善点の中に端末の操作性の回答が 9.4%あった。クライアントアプリケーションの操作性に対する回答は図 4.3.15 ネットフォンの操作性 (大人) に示すとおり良い結果であったが、操作性の簡易化を改善点として挙げた理由には「クライアントアプリケーションの操作」という狭い範囲ではなくシステム全体としての操作性に問題があることが考えられる。ネットフォンを使用するためにはパソコンを利用した他の IP 電話システムと同様に以下の手順が必要となる。

- ネットフォン通話可能までの手順
 - ① IPv6 ネットワークを利用できる場所に移動をして端末をネットワークに接続
 - ② 端末を起動後、Windows にログイン

- ③ クライアントアプリケーションを起動
- ④ ネットフォンにログイン
- ⑤ 通話利用

これはモニタの周辺に一般的に存在している電話サービスや携帯電話サービスと比べると操作性が悪いといわざるを得ない。それを顕著に示す以下の感想があった。

「固定電話的な使い方をするなら、PC を立ち上げて、面倒な時間を使うのは、実際わずらわしい。軽快さを感じられない。」(39 歳 男性)

この点を改善するための方法として「どこでも使用できるように」、「PDA のような端末で」、「持ち歩けるように」のいずれかを回答したモニタは 45.1% あった。

携帯性、常に応答できること、通話したい相手にもアカウントがあり使用が出来る状態であることが不可欠であると考える。

(4) IPsec との融合について

三鷹駅前市政窓口と市役所間の TV 電話相談システムとして活用された F.F. -VoIP システムでは常に IPsec によるセキュアな環境を保っていた。このセキュアな環境でネットフォンを使用することについて有効であるか、利用者にアンケートで問い合わせた。その結果が図 4.3.30 ネットフォンの通信データ暗号化の有効性である。

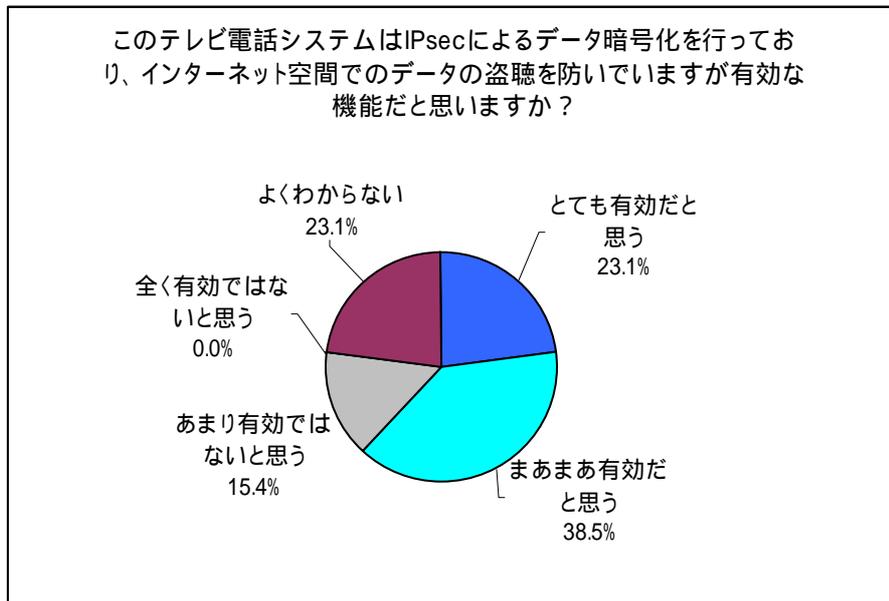


図 4.3.30 ネットフォンの通信データ暗号化の有効性

上記の結果から「とても有効だと思う」と「まあまあ有効だと思う」を合わせると 61.6% を占めており、暗号化という通常では目に見えない機能でありながら高い評価を得ていることは、ユーザのセキュリティへの関心の高さを示しており VoIP においても暗号化さ

れることが望まれており、それを実現した本実証実験のシステムは有効であったと考える。

4.3.2.5. 考察

今回の実証実験で導入したシステムは、IPv6 ネットワーク内という通信範囲でかつ、パソコン上で動作するソフトウェアの形で提供された為に、通信の機会が大きく限られていた。モニタは音声通話サービスとしては完成された各種電話サービスを十分に利用しているために、本格的な利用を考えた時には公衆網との接続やパソコン以外の端末の提供など使いやすい環境を整備していく必要がある。

また、ネットフォンの利点として無料で使用できる点が高く評価された。IP 電話相互であれば通話に料金がかからないサービスは IPv4 ネットワーク上で現在でも広く提供されているが、プライベートアドレスを使用したネットワークが多数存在している IPv4 ネットワーク上では、今後の要望として挙げられている「どこでも使用できる」という機能を満たすことはできない。IPv6 のネットワークが一般的に普及し、ノートパソコンなどはもとより PDA や携帯電話のような形状をした端末にて IPv6 のネットフォンが使用できるようになれば、現在の IPv4 よりも利便性が高いコミュニケーションツールとなる可能性を持っていると考える。また、通信にセキュリティを求める声も高いため、IPsec と組み合わせることにより高い秘話性能を持った電話システムとして新たなニーズをつかむことができると考えられる。

児童生徒に関しては図 4.3.26 ネットフォンを使用したいか（第三小学校児童）のように今後の利用を強く希望しており、また 4.3.1 章で述べたとおり十分な品質と安定性を備えていることから授業のツールとしても有効に利用できると考えられる。

4.3.3. TV電話ゲートウェイ機能に関する技術検証

4.3.3.1. はじめに

今年度追加システムとして IPv6 インターネットおよび第3世代携帯電話網対応 TV 電話システム（以後、IPv6/3G 対応 TV 電話システム）を導入した。本システムは本実証実験のために同様の IPv4 インターネットおよび第3世代携帯電話網対応 TV 電話システム（以後、IPv4/3G 対応 TV 電話システム）をベースに IPv6 インターネット対応のシステムとして新規に開発したシステムである。

(1) システム構成

IPv6/3G 対応 TV 電話システムのシステム構成を図 4.3.31 システム構成に示す。

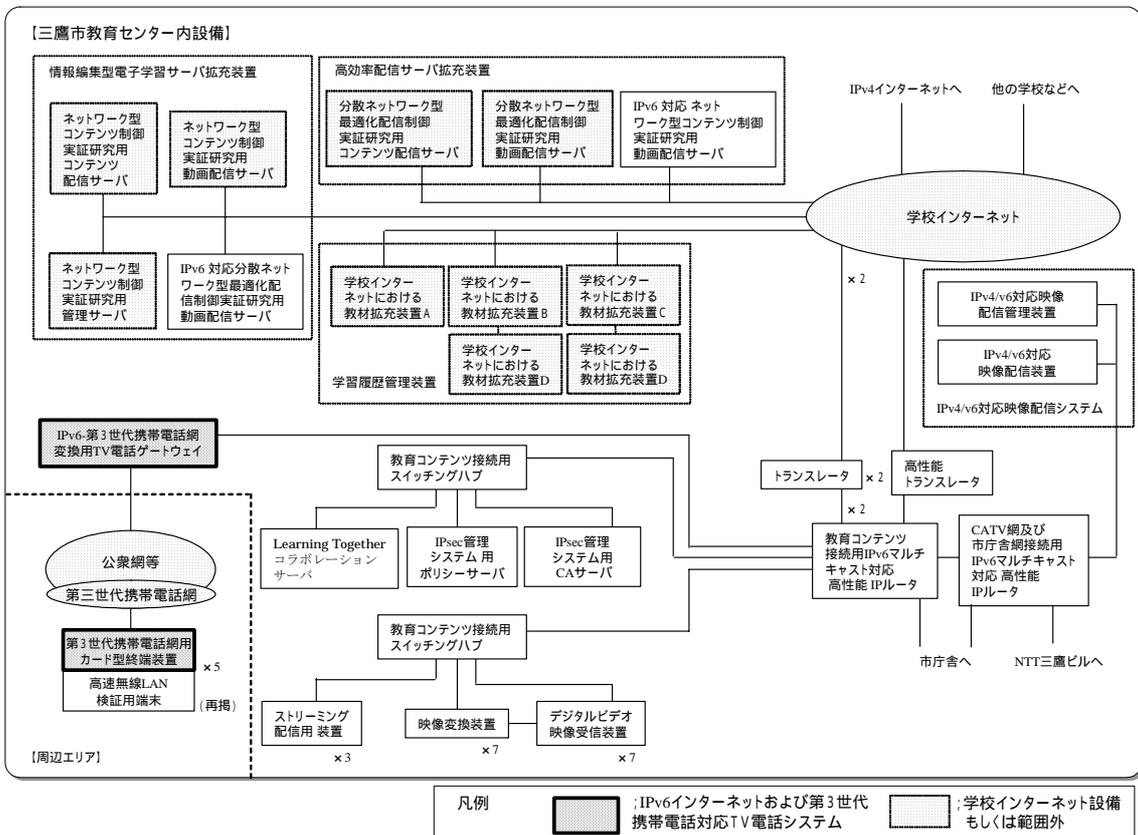


図 4.3.31 システム構成

(2) システムの概要および仕様

IPv6/3G 対応 TV 電話システムの概要については後述の「4.3.3.5.1 比較システムの選定」を、使用に関しては後述の「4.3.3.5.2 各システムの仕様・システム構

成等」に示す。

4.3.3.2. 検証内容

IPv6/3G 対応 TV 電話システムにおけるゲートウェイ装置の性能を検証する。

4.3.3.3. 実験方法

音声品質など利用者の主観によるデータを収集する為に 100 名のモニタに対して遠隔授業・遠隔などによる TV 電話を体験させる。また、30 名のモニタに対し IPv6 インターネット端末相互、第 3 世代携帯電話端末相互の通信と比較実験を実施する。

4.3.3.4. 評価方法

基本的な性能については電話システムを含めて他のシステムとの比較を行う。また、主観的評価についてはモニタから以下の内容のアンケートを実施する。

- 音声品質
- 映像品質
- 接続時間
- 操作性

アンケート結果から専門的見地による評価を行う。

4.3.3.5. 基本的な性能の検証

IPv6/3G 対応 TV 電話システムと同様の TV 電話システムと比較し接続性・音声品質・映像品質に関する検証を行う。

4.3.3.5.1. 比較システムの選定

比較を行うシステムとして本実証実験にて導入した IPv6/3G 対応 TV 電話システムと同様の TV 電話システムである 6 システムを選定した。

(1) IPv6/3G 対応 TV 電話システム

本実証実験にて導入を行った IPv6 インターネット上で動作する TV 電話システム

• 特長

ゲートウェイ機能を有し、IPv6 インターネットに接続されたパソコン端末（以後、「IPv6-PC 端末」という）に加え、第 3 世代携帯電話網用カード型終端装置を利用するパソコン（以後、「3G-PC 端末」という）および第 3 世代携帯電話端末（以後、「3G 携帯端末」という）との TV 電話を可能となるため、屋内・屋外を選ばず利用できる TV 電話システムである。また、利用するハードウェアが専用機器ではなく、パソコンであるため、比較的容易に環境を構築することが出来る。

• システム構成例

システム構成例を図 4.3.32 IPv6/3G 対応 TV 電話システムの構成例に示す。

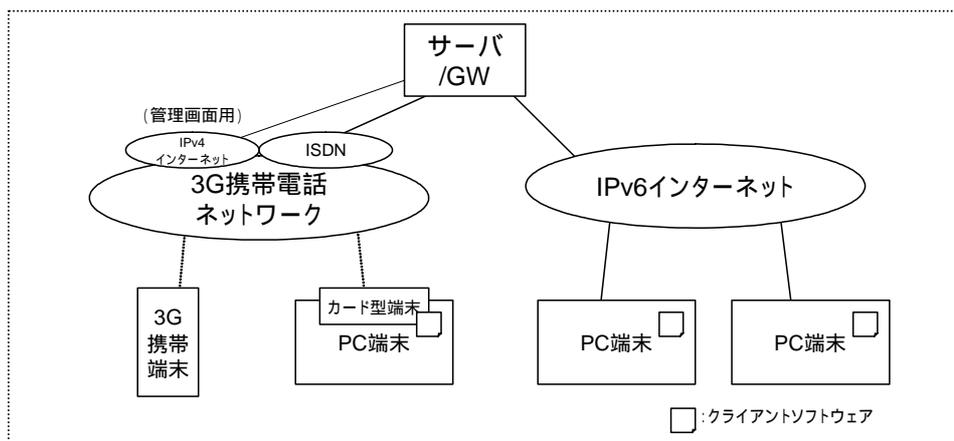


図 4.3.32 IPv6/3G 対応 TV 電話システムの構成例

(2) IPv4/3G 対応 TV 電話システム

IPv6/3G 対応 TV 電話システムのベースとなったシステムで IPv4 ネットワーク上で動作する TV 電話システム

• 特徴

ゲートウェイ機能を有し、IPv4 プライベートネットワークに接続されたパソコン端末（以後、「IPv4-PC 端末」という）に加え、3G-PC 端末および 3G 携帯端末との TV 電話を可能となるため、屋内・屋外を選ばず利用できる TV 電話システムである。また、利用するハードウェアが専用機器ではなく、パソコンであるため、比較的容易に環境を構築することが出来る。

• システム構成例

システム構成例を図 4.3.33 IPv4/3G 対応 TV 電話システムの構成例に示す。

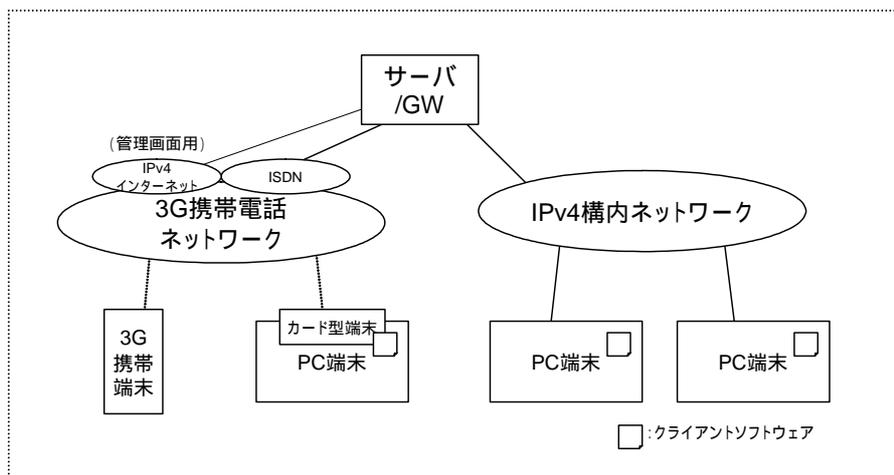


図 4.3.33 IPv4/3G 対応 TV 電話システムの構成例

(3) ISDN 対応 TV 電話端末

一般的に利用可能な有線の電話システムである ISDN 回線（主に INS64）を利用した、ハードエンコード型の TV 電話システム

- 特徴

専用端末を ISDN 回線に接続するだけで利用可能で、特にゲートウェイ装置などがなくても回線交換により 3G-PC 端末および 3G 携帯端末との TV 電話が可能である。操作方法が一般の固定電話とほぼ同等であることから、容易に利用することが可能。ただし、先に述べた通り、ISDN 回線が必要なために設置範囲に制限がある。

- システム構成例

システム構成例を図 4.3.34 ISDN 対応 TV 電話端末によるシステム構成例に示す。

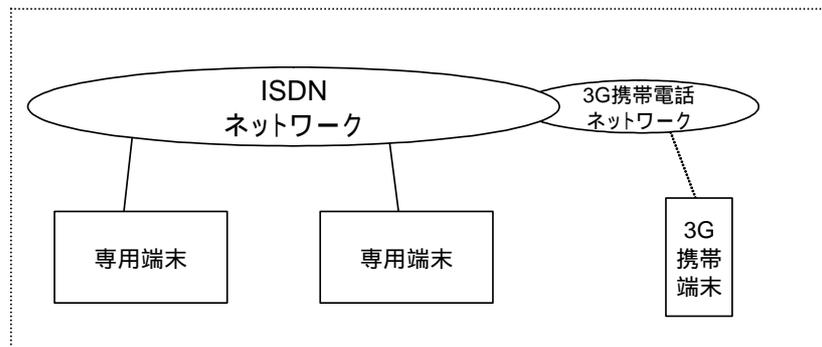


図 4.3.34 ISDN 対応 TV 電話端末によるシステム構成例

(4) 第3世代 TV 電話対応携帯端末

一般的に利用可能な無線の電話システムである第3世代携帯電話網に対応した、携帯型かつハードエンコード型の TV 電話システム

- 特徴

近年、一般に普及してきた第3世代携帯電話であり、端末は一般的な携帯電話型とパソコンで利用可能な PC カード型があり、いずれも携帯電話販売店、電気店などで入手することができる。従来のデジタル方式の携帯電話と違い、800MHz 帯ではなく 2GHz 帯の電波を利用するため、電波特性としては 2.4GHz 帯を利用する PHS に近いが、利用可能エリアはほぼ従来の携帯電話と同等になっている。

- システム構成例

システム構成例を図 4.3.35 第3世代 TV 電話対応携帯端末によるシステム構成例に示す。

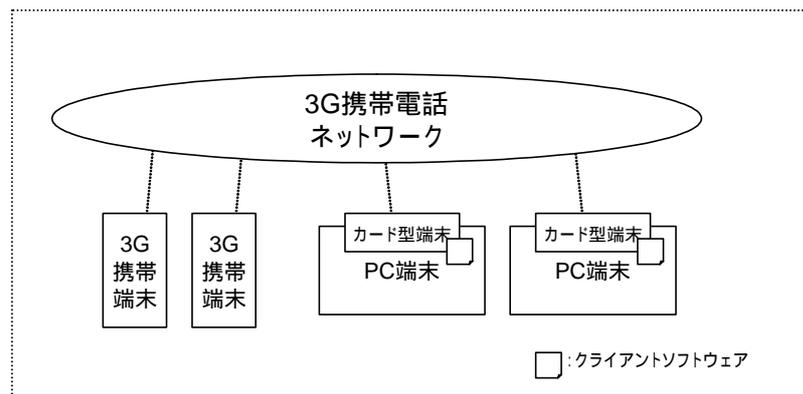


図 4.3.35 第3世代 TV 電話対応携帯端末によるシステム構成例

(5) パソコン用 TV 会議ソフトウェア

パソコンとインターネットで実現するソフトエンコード型の TV 電話システム

- 特徴

パソコンと IPv4 ネットワークだけで実現する TV 会議システムである。一世代前のパソコンから普及して無料で利用できるものもあり、容易に利用することができる。ソフトウェアによっては、チャット機能や資料共有機能をもつものもある。

- システム構成例

システム構成例を図 4.3.36 パソコン用 TV 会議ソフトウェアによるシステム構成例に示す。

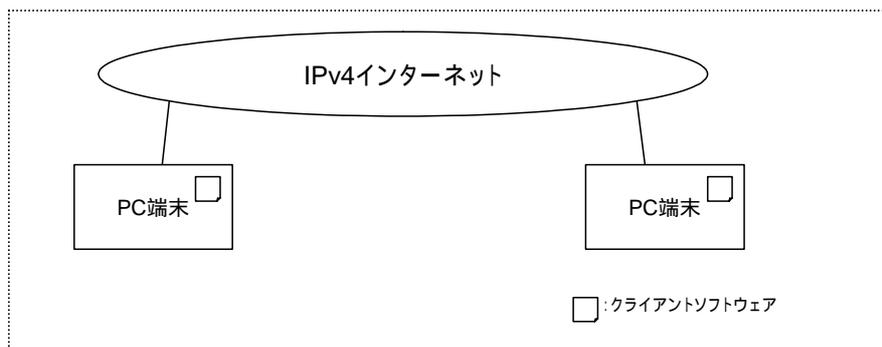


図 4.3.36 パソコン用 TV 会議ソフトウェアによるシステム構成例

(6)インターネット TV 会議サービス

インターネット上のセンタサーバにて実現するインターネットサービス型でかつソフトエンコード型の TV 会議システム

- 特徴

ネットワーク上の端末からインターネット上にあるセンタサーバに接続し使用する TV 会議システム。一般的に専用のサーバに仮想の会議スペースを作成し、会議に参加するそれぞれのメンバーが会議スペースへ参加（接続）する形態の場合が多く、その場合には相手を直接指定して呼び出すことはできない。

- システム構成例

システム構成例を図 4.3.37 インターネット TV 会議サービスによるシステム構成例に示す。

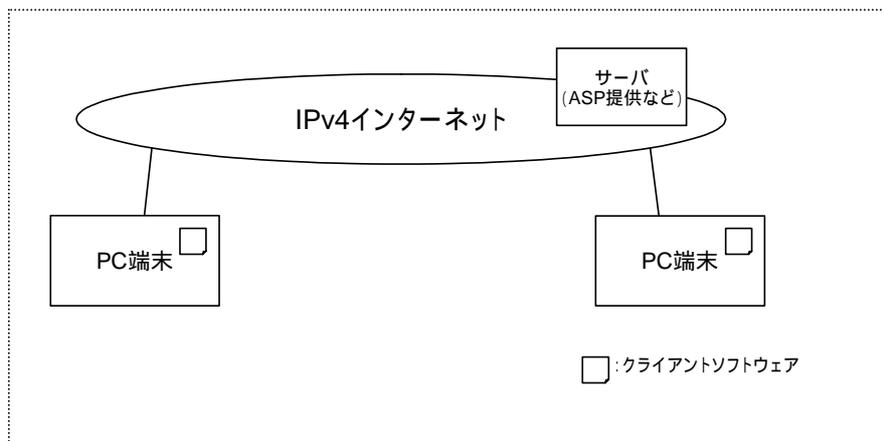


図 4.3.37 インターネット TV 会議サービスによるシステム構成例

(7) テレビ会議システム端末

企業などで広く利用されている専用線などを用いたハードエンコード型の TV 会議システム

- 特徴

専用端末と IP ネットワーク、ISDN、専用線などのネットワークで構成する TV 会議システムで、映像・音声品質が良い。ただし、IP ネットワークに対応せず専用線や ISDN (PRI) のみ対応の専用端末については回線を確保する必要があるため、導入のハードルが高い。今回は IP ネットワーク対応機種で比較を行う。

- システム構成例

システム構成例を図 4.3.38 テレビ会議システム端末によるシステム構成例に示す。

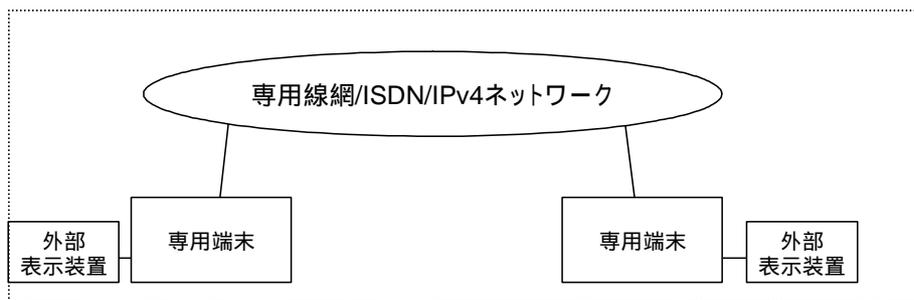


図 4.3.38 テレビ会議システム端末によるシステム構成例

4.3.3.5.2. 各システムの仕様・システム構成等

今回の検証に使用した具体的なシステム構成は以下の通りである。

(1) IPv6/3G 対応 TV 電話システムの構成

- システム名：

IPv6/3G 対応 TV 電話システム

- 検証構成：

検証の構成を図 4.3.39 IPv6/3G 対応 TV 電話システムの構成に示す。

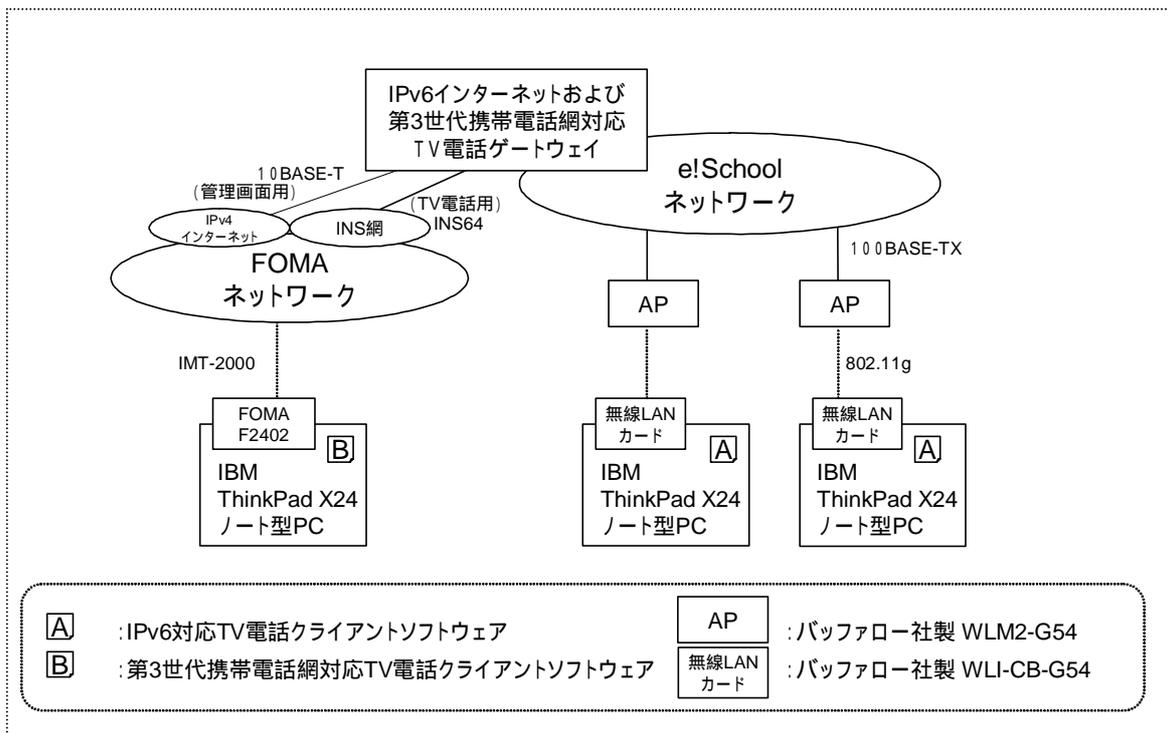


図 4.3.39 IPv6/3G 対応 TV 電話システムの構成

- 検証用システムの仕様：

検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.11 IPv6/3G 対応 TV 電話システムの仕様

比較項目		仕 様		
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ソフト		
発信端末/着信端末		IPv6 PC/ IPv6 PC	IPv6 PC/ 3G 端末	3G 端末/ IPv6 PC
通 信 方 式 (映 像 / 音 声)	対応プロトコル またはコーデック	簡易 SIP / 簡易 SIP	簡 易 SIP/ 3G-324M	3G-324M / 簡 易 SIP
	転送レート	-	64kbps	64kbps
TV 会議	可 / 否	否	否	否
利用ネットワーク		IPv6 NW / IPv6 NW	IPv6 NW / 3G 網	3G 網/ IPv6 NW
音声性能	符号化方式	AMR-NB		
	符号化ビットレート	4.75kbps~12.2kbps		
映像性能	符号化方式	MPEG-4 Visual SP L0		
	フォーマット	QCIF		
	最大符号化フレーム数	15fps		

IPv6 PC とは IPv6 インターネットにて接続されるパソコン端末、
3G 端末とは第 3 世代携帯電話網で TV 電話が可能な端末

表 4.3.12 IBM ThinkPad X24 (ノート型 PC) 仕様

項 目	仕 様
OS	Windows XP Professional SP1
CPU	Intel Pentium III 1.03GHz
メモリ	256MB
ハードディスク	20GB
ビデオメモリ	8MB

(2) IPv4/3G 対応 TV 電話システムの構成

- 商品名：
NEC 社製 3GVirdnet
- 検証構成：
検証の構成を以下に示す。

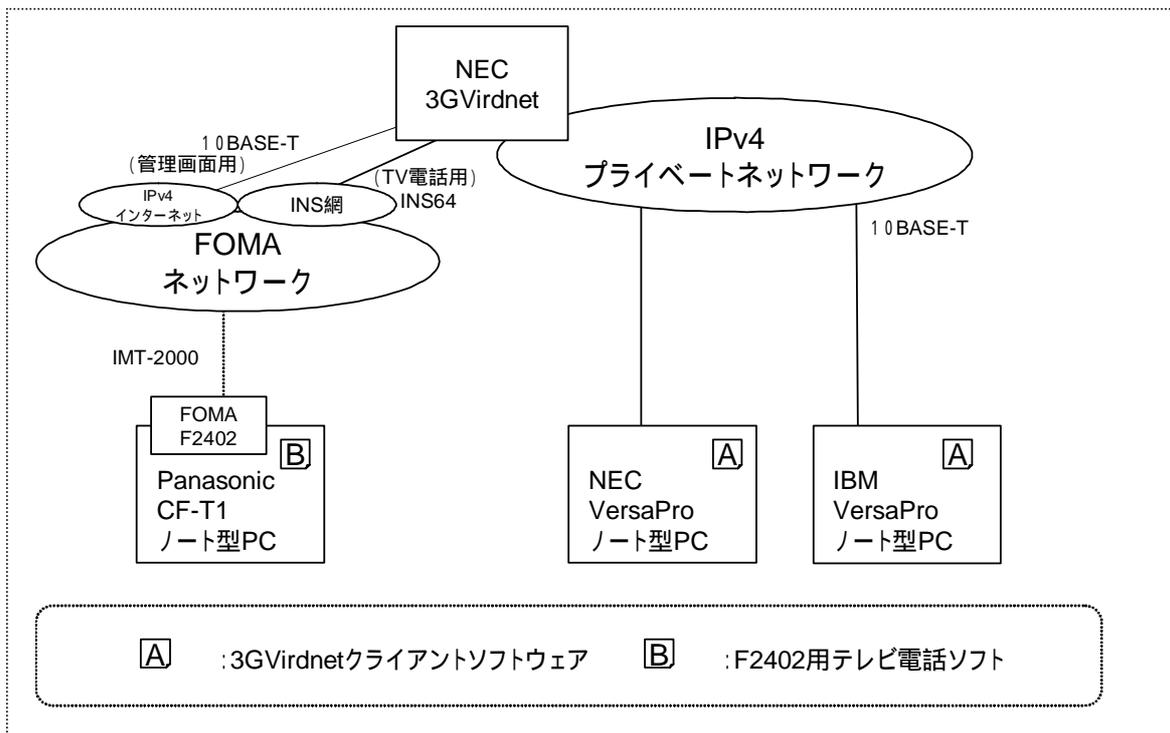


図 4.3.40 IPv4/3G 対応 TV 電話システムの構成

- 検証用システムの仕様：
検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.13 IPv4 インターネットおよび第3世代携帯電話網対応 TV 電話システムの仕様

比較項目		仕 様		
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ソフト		
発信端末/着信端末		IPv4 PC/ IPv4 PC	IPv4 PC/ 3G 端末	3G 端末/ IPv4 PC
通 信 方 式 (映 像 / 音 声)	対応プロトコル またはコーデック	簡易 SIP/ 簡易 SIP	簡易 SIP / 3G-324M	3G-324M / 簡易 SIP
	転送レート	-	64kbps	64kbps
TV 会議	可 / 否	否	否	否
利用ネットワーク		10BASE-T/ 10BASE-T	10BASE-T/ 3G 網	3G 網 /10BASE-T
音声性能	符号化方式	MPEG-4 AAC / AMR-NB		
	符号化ビットレート	4.75~64kbps		
映像性能	符号化方式	MPEG-4 Visual SP L0 ~ L3		
	フォーマット	QCIF / CIF / QVGA / VGA		
	最大符号化フレーム数	30fps		

IPv4 PC とは IPv4 インターネットにて接続されるパソコン端末、
3G 端末とは第3世代携帯電話網で TV 電話が可能な端末

表 4.3.14 NEC Versa Pro (ノート型 PC) の仕様

項 目	仕 様
OS	Windows XP
CPU	Intel Pentium 4 1.8GHz
メモリ	256MB
ハードディスク	10GB
ビデオメモリ	32MB

表 4.3.15 Panasonic CF-T1 (ノート型 PC) の仕様

項目	仕様
OS	Windows XP
CPU	Pentium III-M 933MHz
メモリ	512MB
ハードディスク	35GB
ビデオメモリ	最大 48MB (メインメモリと共有)

(3) ISDN 対応テレビ電話

- 商品名 :
NTT-ME 社製 Moppet

- 検証構成 :
検証の構成を以下に示す。

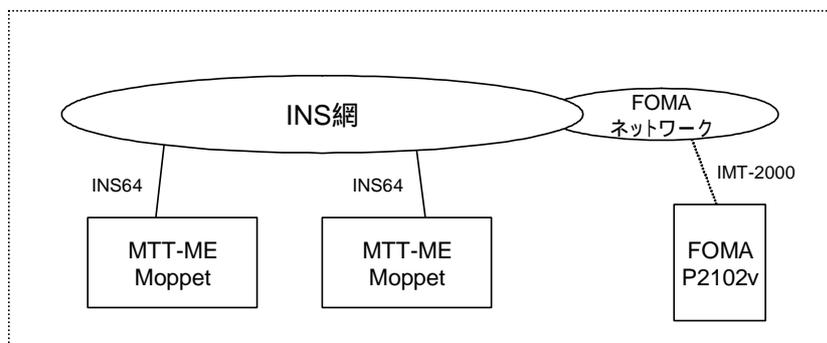


図 4.3.41 ISDN 対応テレビ電話の構成

- 検証用システムの仕様 :
検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.16 ISDN 対応テレビ電話の仕様

比較項目		仕 様		
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ハード		
	発信端末/着信端末	専用機器/ 専用機器	専用機器/ 3G 端末	3G 端末/ 専用機器
通 信 方 式 (映 像 / 音 声)	対応プロトコル またはコーデック	3G-324M / 3G-324M	3G-324M / 3G-324M	3G-324M / 3G-324M
	転送レート	64kbps /128kbps	64kbps	64kbps
TV 会議	可 / 否	否	否	否
利用ネットワーク		ISDN / ISDN	ISDN / 3G 網	3G 網 / ISDN
音声性能	符号化方式	G. 728 / G. 711 μ -law/A-law	3GPP-AMR	
	符号化ビットレート	16kbps 48・56kbps	4.75kbps~12.2kbps	
映像性能	符号化方式	H. 261/H. 263	MPEG-4 \leftrightarrow H. 263	
	フォーマット	QCIF/CIF	SQCIF/QCIF	
	最大符号化フレーム数	15fps		

表 4.3.17 P2102V の仕様

項 目		仕 様
音声	符号化方式	AMR
	符号化ビットレート	4.75~12.2kbps
映像	符号化方式	MPEG-4
	フォーマット	QCIF
	フレームレート	15fps

(4) パソコン用テレビ会議ソフトウェア

- 商品名：
マイクロソフト社製 NetMeeting
- 検証構成：
検証の構成を以下に示す。

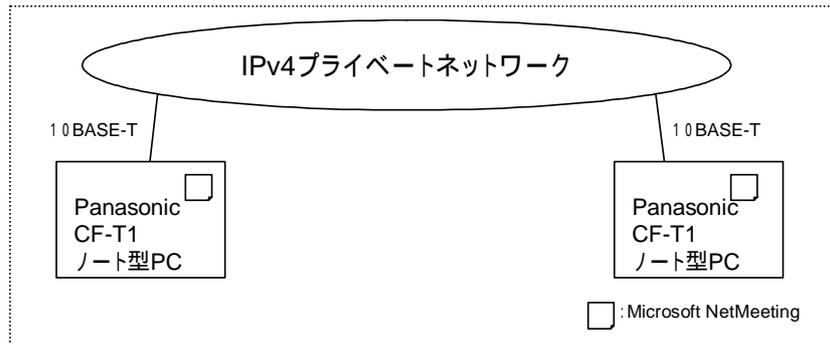


図 4.3.42 パソコン用テレビ会議ソフトウェアの構成

- 検証用システムの仕様：
検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.18 パソコン用 TV 会議ソフトウェアの仕様

比較項目		仕様
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ソフト
比較項目	発信端末/着信端末	PC / PC
通信方式 (映像 / 音声)	対応プロトコル またはコーデック	H. 323
	転送レート	28.8kbps～
TV 会議	可 / 否	可
利用ネットワーク		LAN 10BASE-T / LAN 10BASE-T
音声性能	符号化方式	G. 711
	符号化ビットレート	56・64kbps
映像性能	符号化方式	H. 261 / H. 263
	符号化ビットレート	64k～1.92Mbps
	フォーマット	SQCIF / QCIF / CIF
	最大符号化フレーム数	1fps～

表 4.3.19 Panasonic CF-T1 (ノート PC) 仕様

項目	仕様
OS	Windows XP
CPU	Pentium III-M 933MHz
メモリ	512MB
ハードディスク	35GB
ビデオメモリ	最大 48MB (メインメモリと共有)

(5) インターネットテレビ会議サービス

- 商品名 :
NTT アイティ MeetingPlaza 電網会議室サービス
- 検証構成 :
検証の構成を以下に示す。

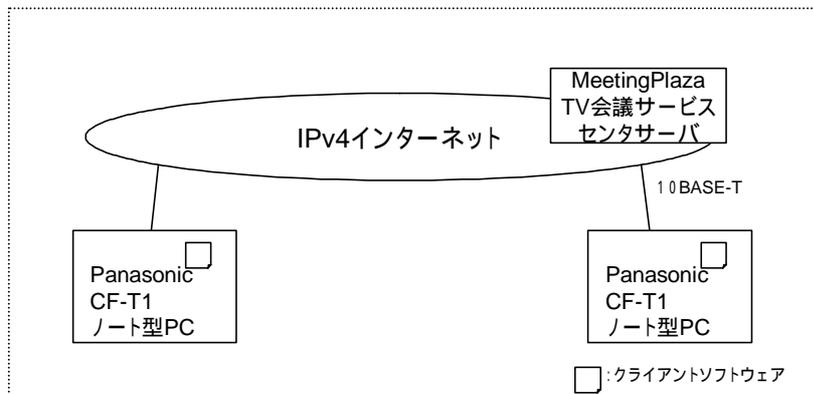


図 4.3.43 インターネットテレビ会議サービスの検証構成

- 検証用システムの仕様 :
検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.20 インターネット TV 会議サービスの仕様

比較項目		仕 様
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ソフト
比較項目	発信端末/着信端末	PC / PC
通 信 方 式 (映 像 / 音 声)	対応プロトコル またはコーデック	VCCP (独自方式)
	転送レート	1.5Mbps～
TV 会議	可 / 否	可
利用ネットワーク		IPv4 インターネット
音声性能	符号化方式	独自方式
	符号化ビットレート	約 16kbps
映像性能	符号化方式	簡易型 JPEG (独自方式)
	フォーマット	—
	最大符号化フレーム数	1～30fps

表 4.3.21 Panasonic CF-T1 (ノート型 PC) の仕様

項 目	仕 様
OS	Windows XP
CPU	Pentium III-M 933MHz
メモリ	512MB
ハードディスク	35GB
ビデオメモリ	最大 48MB (メインメモリと共有)

表 4.3.22 インターネットTV会議サービスのクライアント動作条件

項目	仕様
OS	Windows XP
CPU	Pentium III 800MHz 以上推奨
メモリ	64MB 以上 128MB 以上推奨
空きハードディスク容量	約 3MB
ビデオメモリ	—

(6) 第3世代TV電話対応携帯端末

- 商品名：
NTT ドコモ FOMA P2102v および F2402
- 検証構成：
検証の構成を以下に示す。

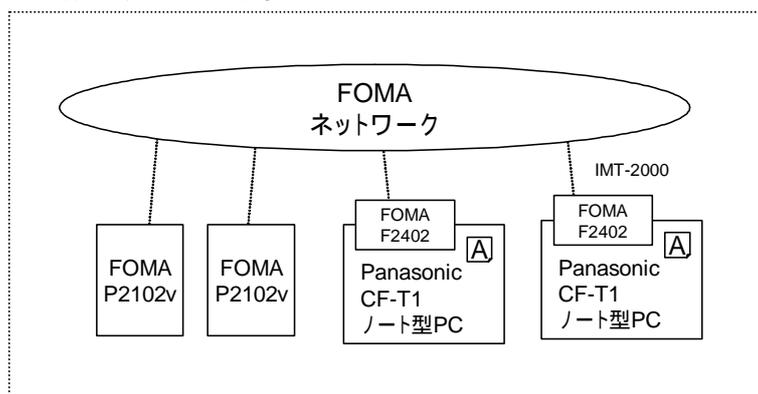


図 4.3.44 第3世代TV電話対応携帯端末の構成

- 検証用システムの仕様：
検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.23 第3世代 TV 電話対応携帯端末の仕様

比較項目		仕 様
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ハード
比較項目	発信端末/着信端末	3G 端末 / 3G 端末
通 信 方 式 (映 像 / 音 声)	対応プロトコル またはコーデック	3G-324M / 3G-324M
	転送レート	64kbps
TV 会議	可 / 否	可
利用ネットワーク		3G 網 / 3G 網
音声性能	符号化方式	AMR
	符号化ビットレート	4.75~12.2kbps
映像性能	符号化方式	MPEG-4
	フォーマット	QCIF
	最大符号化フレーム数	15fps

表 4.3.24 P2102V の仕様

項 目		仕 様
音声	符号化方式	AMR
	符号化ビットレート	4.75~12.2kbps
映像	符号化方式	MPEG-4
	フォーマット	QCIF
	フレームレート	15fps

表 4.3.25 クライアントソフト動作仕様 (PC カードタイプ用 TV 電話ソフトウェア)

項目	仕様
OS	Windows 2000 Windows XP
CPU	Pentium III 800MHz 以上 Pentium III 1GHz 以上推奨
メモリ	256MB 以上 384MB 以上推奨

(7) テレビ会議システムの検証構成

- 商品名 :
POLYCOM 社製 ViewStation FX
- 検証構成 :
検証の構成を以下に示す。

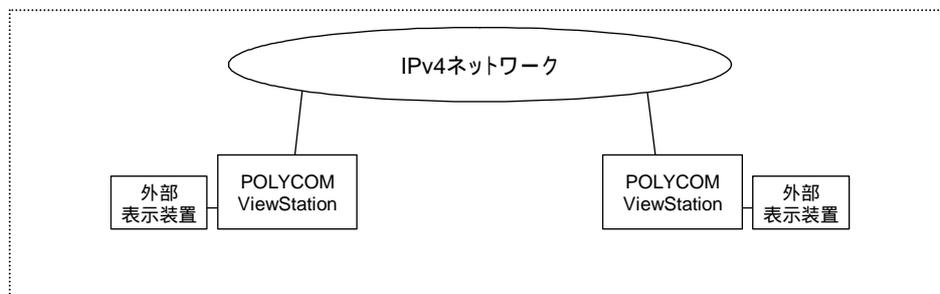


図 4.3.45 テレビ会議システムの検証構成

- 検証用システムの仕様：
検証用システムの仕様を以下に示す。

表 4.3.26 テレビ会議システムの仕様

比較項目		仕 様
エンコード方式 (ハード/ソフト)		ハード
比較項目	発信端末/着信端末	専用端末
通 信 方 式 (映 像 / 音 声)	対応プロトコル またはコーデック	H. 323 H. 320
	転送レート	LAN : ~2Mbps ISDN : ~1.5Mbps
TV 会議	可 / 否	可
利用ネットワーク		IPv4 NW / ISDN (PRI)
音声性能	符号化方式	G. 728 / G. 722 / G. 711
	符号化ビットレート	16k / 64k・56k・48k / 64kbps
映像性能	符号化方式	H. 261/H. 263
	フォーマット	QCIF/CIF/4CIF 他最大 XGA
	最大符号化フレーム数	30fps

4.3.3.5.3. 通信媒体に関する比較

(1) 通信媒体：

各システムが利用する通信媒体について比較を行なった。

- 評価基準

各システムが使用するネットワークの特徴を考慮して表 4.3.27 通信媒体に関する評価基準に示す評価基準とした。

表 4.3.27 通信媒体に関する評価基準

通信媒体	特徴	評価
携帯電話網	屋外、屋内問わず基地局の電波が届く範囲、契約する携帯電話会社によるが、ローミングサービスにより海外での使用も可能。他の通信媒体に比べて狭帯域。	◎
IPv4/6 グローバル網	いわゆるインターネット。グローバルアドレスを持つ端末間であればネットワーク上で直接の通信することが可能。ISP と契約により広く利用することが可能であるが、IPv4 の場合は固定的にグローバルアドレスを取得するには高い費用がかかる	○
IPv4/IPv6 プライベート網	企業や団体、家庭などが管理をして構築したプライベートネットワークで、主に限られた建物内、企業内などで利用。IPv4 プライベートアドレスを使用しているケースがほとんどである為に TV 電話のように P2P 型の通信の場合は外部ネットワークとの接続に問題が発生する	△
ISDN 網	INS64、INS1500 など 1.5Mbps までのサービスがあり、日本全国での利用が可能。利用には回線の契約・設置が必要で通信の際の宛先には回線に付与される電話番号を使用する。接続先は電話番号の指定によりその都度指定することができる。回線交換のために品質の高い通信が可能。ADSL や FTTH の普及とともに回線数が減少している。	△
専用線網	国内外を問わず 2 拠点を固定的に接続するサービス。STM 方式の場合は帯域も占有でき非常に高品質な通信が可能。	×

● 評価結果

通信媒体に関する各システムの評価を表 4.3.28 通信媒体に関する各システムの評価比較に示す。

表 4.3.28 通信媒体に関する各システムの評価比較

No.	システム	利用ネットワーク (接続先)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6 網	○
		第 3 世代携帯電話網	◎
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4 プライベート網	△
		第 3 世代携帯電話網	◎
3	ISDN 対応 TV 電話端末	ISDN 網	△
		第 3 世代携帯電話網	◎
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	IPv4 グローバル網 (利用形態による)	△/○
5	インターネット TV 会議サービス	IPv4 グローバル網	○
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	第 3 世代携帯電話網	◎
7	テレビ会議システム端末	IPv4 グローバル網 (利用形態による)	△/○

利用可能なエリアにおいては、電波が届けば屋内外を問わず、また全国およびローミングを行っている海外にまで利用可能な第 3 世代携帯電話網が最も広範囲と考えられる。その他のネットワーク利用のシステムとしては前述の第 3 世代携帯電話網に接続可能な IPv6/3G 対応 TV 電話システム、IPv4/3G 対応 TV 電話システム、ISDN 対応 TV 電話端末が広い利用範囲を持つ。この 3 つの中での比較では、ISDN 対応 TV 電話端末の場合は使用するネットワークが ISDN のため回線を契約・設置した場所でしか使用することはできないという制限がある。IPv6/3G 対応 TV 電話システムと IPv4/3G 対応 TV 電話システムの比較では使用する通信プロトコルにより利用範囲に違いが出る。IPv4 はグローバルアドレスの不足により、多くの企業や家庭内の LAN でプライベートアドレスを使用したネットワーク構築がなされているために、そういったネットワークに接続されている端末へは外部ネットワークからの直接の通信はできなくなっている。そのため IPv4 ベースのシステムの場合は TV 電話のような P2P 型の通信を行う場合には大きな制限となっている。一方、IPv6/3G 対応 TV 電話システムの場合、IPv6 は全ての端末にグローバルアドレスを使用して構築可能であるためにたとえ企業や家庭の LAN 内にある端末であっても外部ネットワークからも直接通信することが可能である。今後 IPv6 ネットワーク

が一般化すれば IPv6/3G 対応 TV 電話システムがインターネット系の TV 電話システムの中ではもっとも広い利用エリアを持つことになる。

4.3.3.5.4. 着信時間・応答時間に関する比較

発着信時の接続時間に関する比較を実際のシステムを使用して測定および比較した。

(1) 着信時間

発信端末において、接続相手を入力または選択を行い、発信ボタンを押してから接続相手端末に着信するまでの時間を 10 回測定し、その平均をとって比較した。

- 評価基準

着信時間の評価基準を表 4.3.29 着信時間に関する評価基準に示す。

表 4.3.29 着信時間に関する評価基準

比較基準値	体感レベル	評価
～1.0sec	快適に利用できるレベル	◎
～5.0sec	問題なく利用できるレベル	○
～10.0sec	待ち時間が気になるレベル	△
10.0sec～	ストレスを感じるレベル	×

- 評価結果

着信時間に関する各システムの評価を表 4.3.30 着信時間に関する各システムの比較評価に表す。

表 4.3.30 着信時間に関する各システムの比較評価

No.	システム	通信形態	接続時間 (sec)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6PC→IPv6PC	1.0	○
		IPv6PC→3G 端末(PC)	9.9	△
		3G 端末(PC)→IPv6PC	4.2	○
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4PC→IPv4PC	1.0	○
		IPv4PC→3G 端末(PC)	9.9	△
		3G 端末(PC)→IPv4PC	4.2	○
3	ISDN 対応 TV 電話端末	専用端末→専用端末	2.2	○
		専用端末→3G 端末(PC)	9.9	△
		3G 端末(PC)→専用端末	4.5	○
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	PC→PC	< 0.5	◎
5	インターネット TV 会議サービス	PC→センターサーバ	※	—
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	3G 端末→3G 端末	10.4	×
7	テレビ会議システム端末	専用機器→専用機器	4.8	○

※ 相手 PC には着信できないため、計測不可。

全体的な傾向として IP ネットワークを利用する PC 端末間の着信時間が短く、その一方で第 3 世代 TV 電話対応携帯端末については基地局と端末間の接続に時間がかかるために着信時間が長くなっている。IPv6/3G 対応 TV 電話システムでも同様の傾向で、PC 端末同士の場合は 1.0 秒、IPv6PC 端末から 3G-PC 端末へは 9.9 秒、3G-PC 端末から IPv6PC 端末へは 4.2 秒となっており他のシステムと比較しても遜色ないレベルとなっている。尚、PC 端末から 3G 端末への 9.9 秒、3G 端末から PC 端末への 4.2 秒については時間が長いように思われるが実際には、IPv6/3G 対応 TV 電話システムが第 3 世代携帯電話網と接続するために使用している ISDN と第 3 世代携帯電話網で接続に必要な時間とほぼ同じであり（回線交換方式の ISDN 対応 TV 電話端末データ参照）、IPv6/3G 対応 TV 電話システム自体の処理遅延は十分に早いと考えられる。

(2) 接続時間：

着信を受けた端末において、応答ボタンを押してから、双方の映像が表示されるまでの接続時間を 10 回測定し、その平均をとって比較した。

- 評価基準

接続時間に関する評価基準を表 4.3.31 接続時間に関する評価基準に示す。

表 4.3.31 接続時間に関する評価基準

比較基準値	体感レベル	評価
～1.0sec	快適に利用できるレベル	◎
～5.0sec	問題なく利用できるレベル	○
～10.0sec	待ち時間が気になるレベル	△
10.0sec～	ストレスを感じる	×

- 評価結果

接続時間に関する各システムの評価を表 4.3.32 接続時間に関する各システムの比較評価に示す。

表 4.3.32 接続時間に関する各システムの比較評価

No.	システム	通信形態	応答時間 (sec)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6PC→IPv6PC	1.0	○
		IPv6PC→3G 端末(PC)	9.9	△
		3G 端末(PC)→IPv6PC	9.8	△
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4PC→IPv4PC	1.0	○
		IPv4PC→3G 端末(PC)	9.7	△
		3G 端末(PC)→IPv4PC	9.4	△
3	ISDN 対応 TV 電話端末	専用端末→専用端末	5.3	△
		専用端末→3G 端末(PC)	7.6	△
		3G 端末(PC)→専用端末	8.4	△
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	PC→PC	<0.5	◎
5	インターネット TV 会議サービス	PC→センターサーバ	14.4※	×
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	3G 端末→3G 端末	6.7	△
7	テレビ会議システム端末	専用機器→専用機器	5.0	○

※ インターネットテレビ会議サービスについては、センターサーバにアクセスした時点で画像が表示され、会話可能な状態になるため、自端末の画像がサーバ画面に表示されるまでの時間を 10 回測定し、その平均をとって比較するものとした。

全般の傾向として着信時間と同様に IP ネットワークを利用している PC 端末間の着信時間が短く、その一方で 3G 携帯端末や専用端末に関する接続が長くなっている。IPv6/3G 対応 TV 電話システムは PC 端末間の場合は 1.0 秒と十分に短い時間で処理をしているが、IPv6PC 端末-3G 端末間の接続の場合は 10 秒弱と長くなっている。この値は回線接続で通信する 3G 携帯端末や ISDN 対応 TV 電話端末による接続を基準とすると 2~3 秒長くなっている。

4.3.3.5.5. 音声・映像品質に関する比較

(1) 音声品質：

音声符号化方式および、音声符号化ビットレートの仕様について比較を行なった。

● 評価基準

一般的に音声品質は音声符号化方式が採用している音声符号化ビットレートに影響されるため、表 4.3.33 音声品質の評価基準での評価基準にて評価を行った。一般的に 32kbps 以上であればクリアな品質での会話ができる。

表 4.3.33 音声品質の評価基準

比較基準値	利用レベル	評価
64kbps～	オーディオ CD など	◎
～64kbps	PHS・一般電話（デジタル）など	○
～32kbps	—	△
～10kbps	携帯電話（PDC）・一般電話（アナログ）	×

参考：音声符号化ビットレートの計算方法

$$\begin{aligned} & \text{サンプリングレート (Hz)} \times \text{ビット数 (bit)} \times \text{チャンネル数 (ch)} \\ & = \text{音声符号化ビットレート} \end{aligned}$$

- 評価結果

音声品質に関する各システムの評価を表 4.3.34 音声品質に関する各システムの仕様比較に表す。

表 4.3.34 音声品質に関する各システムの仕様比較

No.	システム	方式	速度	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	AMR-NB※	4.75~12.2kbps	×~△
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	MPEG-4 AAC	~64kbps	○
		AMR-NB※	4.75~12.2kbps	×~△
3	ISDN 対応 TV 電話端末	G.711	48k・56kbps	○
		G.728	16kbps	△
		3GPP-AMR※	4.75~12.2kbps	×~△
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	G.711	56k・64kbps	○
5	インターネット TV 会議サービス	独自方式	約 16kbps	△
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	AMR	4.75~12.2kbps	×~△
7	テレビ会議システム端末	G.711	56k・64kbps	○
		G.722	64kbps	○
		G.728	16.6kbps	△

※3G 端末に対して発信する場合に使用する方式

各システムとも 10kbps の符号化方式を備えており通話機能としても最低限の品質を保っている。IPv6/3G 対応 TV 電話の場合 AMR-NB をサポートしている。

(2) 音声遅延：

発信端末、着信端末を並べて設置し、発信端末で音声入力してから、着信端末で音声出力されるまでの時間を 10 回測定し、その平均をとって比較した。

- 評価基準

音声遅延に関する評価基準を表 4.3.35 音声遅延に関する評価基準に示す。

表 4.3.35 音声遅延に関する評価基準

比較基準値	体感レベル	評価
～0.5sec	快適に利用できるレベル	◎
～1.0sec	少し気になるレベル	○
～2.0sec	遅延があることを認識すれば会話ができるレベル	△
2.0sec～	会話に支障が出るレベル	×

- 評価結果

音声遅延に関する各システムの評価を表 4.3.36 音声遅延に関する各システムの比較評価に表す。

表 4.3.36 音声遅延に関する各システムの比較評価

No.	システム	通信形態	遅延時間 (sec)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6PC 端末 →IPv6PC 端末	1.4	△
		IPv6PC 端末→3G 端末	1.9	△
		3G 端末→IPv6PC 端末	2.0	△
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4PC 端末 →IPv4PC 端末	1.4	△
		IPv4PC 端末→3G 端末	1.9	△
		3G 端末→IPv4PC 端末	2.0	△
3	ISDN 対応 TV 電話端末	専用端末→専用端末	<0.5	◎
		専用端末→3G 端末	0.7	○
		3G 端末→専用端末	0.7	○
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	PC→PC	0.9	○
5	インターネット TV 会議サービス	PC→センターサーバ	2.7	×
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	3G 端末→3G 端末	0.7	○
7	テレビ会議システム端末	専用機器→専用機器	1.0	○

全般的な傾向としてハードウェアエンコード方式の場合に遅延が小さく、ソフトウェアエンコード方式の場合に遅延が大きくなっている。IPv6/3G 対応 TV 電話システムについてはソフトウェアエンコード方式であるため遅延が1.4秒から2.0秒と大きめに出ており、会話をする際には遅延があることを認識して話す必要がある。

(3) 音声ノイズ比率

通話が確立した状態で、3分間新聞記事を読み続け、音声にノイズが入った時間を10回測定し平均をとり、その通話時間に占める割合を算出し、比較した。

● 評価基準

音声ノイズ比率の評価基準を表 4.3.37 音声ノイズ比率に関する評価基準に示す

表 4.3.37 音声ノイズ比率に関する評価基準

比較基準値	体感レベル	評価
～0.1%	快適に利用できるレベル	◎
～1.0%	問題なく利用できるレベル	○
～5.0%	気になるレベル	△
5.0%～	ストレスを感じる	×

- 評価結果

音声ノイズ比率に関する各システムの評価を表 4.3.38 音声ノイズ比率に関する各システムの比較評価に表す。

表 4.3.38 音声ノイズ比率に関する各システムの比較評価

No.	システム	通信形態	ノイズ比率 (%)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6PC→IPv6PC	0.0	◎
		IPv6PC→3G 端末(PC)	0.2	○
		3G 端末(PC)→IPv6PC	0.1	◎
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4PC→IPv4PC	0.0	◎
		IPv4PC→3G 端末(PC)	0.1	◎
		3G 端末(PC)→IPv4PC	0.1	◎
3	ISDN 対応 TV 電話端末	専用端末→専用端末	0.0	◎
		専用端末→3G 端末(PC)	0.0	◎
		3G 端末(PC)→専用端末	0.0	◎
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	PC→PC	0.0	◎
5	インターネット TV 会議サービス	PC→センターサーバ	0.0	◎
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	3G 端末→3G 端末	0.0	◎
7	テレビ会議システム端末	専用機器→専用機器	0.0	◎

音声ノイズ比率については全てのシステムにて問題の無いレベルとなっている。IPv6/3G 対応 TV 電話システムについては IPv6PC-3G 端末間での通話の際に多少のノイズが確認されているが、IPv6/3G 対応 TV 電話システムについてはまだ品質についての十分な最適化がされていないと考えられる。

(4) 映像品質：

映像品質について各システムの映像フォーマットとフレーム数を比較した。

- 評価基準

それぞれの評価基準を表 4.3.39 映像フォーマットに関する評価基準と表 4.3.40 最大フレーム数に関する評価基準に示す。

表 4.3.39 映像フォーマットに関する評価基準

比較基準値	利用レベル	評価
QVGA～	TV ハイビジョン	◎
CIF	VTR、テレビ電話など	○
QCIF	携帯電話のビデオ撮影機能	△
～SQCIF	初期のカメラ付携帯電話の撮影画像	×

映像フォーマットの詳細は表 4.3.42 映像フォーマット別の詳細仕様一覧を参照

表 4.3.40 最大フレーム数に関する評価基準

比較基準値	利用レベル	評価
30fps～	DVD ハイビジョン	◎
10～30fps	映画フィルム VideoCD	○
～10fps	—	△

- 評価結果

映像品質に関する各システムの評価を表 4.3.41 映像品質に関する各システムの比較評価に表す。

表 4.3.41 映像品質に関する各システムの比較評価

No.	システム	フォーマット		最大フレーム数		総合評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	QCIF	△	15fps	○	△
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	VGA	◎	15fps	○	◎
		QVGA	◎	15fps	○	
		CIF	○	15fps	○	
		QCIF	△	15fps	○	
3	ISDN 対応 TV 電話端末	CIF	○	15fps	○	○
		QCIF	△	15fps	○	
		SQCIF	×	15fps	○	
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	CIF	○	1fps～	※	△
		QCIF	△	1fps～	※	
		SQCIF	×	1fps～	※	
5	インターネット TV 会議サービス	不明	※	30fps	◎	◎
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	SQCIF	×	15fps	○	×
7	テレビ会議システム端末	CIF	○	30fps	◎	◎
		QCIF	○	30fps	◎	○

※カタログに数値の記載がなかったため、実際に利用した相対評価を記載

IPv6/3G 対応 TV 電話システムについてはクライアントアプリケーションが一般的なモバイル PC 端末で動作できるように映像品質は高画質ではないが十分に相手の表情がわかるレベルの QCIF までのサポートとしている。ベースとなっている IPv4/3G 対応 TV 電話システムが QVGA 等をサポートしているため、クライアントアプリケーションの動作条件を上げることができれば、モジュールの追加によって高い品質の映像品質をサポートが可能であると考ええる。

表 4.3.42 映像フォーマット別の詳細仕様一覧

映像フォーマット	仕 様	
DVD	720×480 ドット	最大フレームレート 60fps
VGA	640×480 ドット	16 色表示 TV 程度
QVGA	320×240 ドット	VHS 程度
CIF	352×288 ドット	最大フレームレート 30fps Video CD 程度
QCIF	176×144 ドット	最大フレームレート 30fps
SQCIF	128×96 ドット	最大フレームレート 30fps

(5) 映像遅延：

発信端末、着信端末を並べて設置し、発信端末で被写体を移動させ、その移動が着信端末に反映されるまでの時間を 10 回測定し、その平均をとって比較した。

● 評価基準

映像遅延の評価基準を表 4.3.43 映像遅延に関する評価基準に示す。

表 4.3.43 映像遅延に関する評価基準

比較基準値	体感レベル	評価
<1.0sec	快適に利用できるレベル	◎
1.0～2.0sec	問題無く利用できるレベル	○
2.0～3.0sec	気になるレベル 衛星中継程度	△
3.0sec～	ストレスを感じる	×

● 評価結果

映像遅延に関する各システムの評価を表 4.3.44 映像遅延に関する各システムの比較評価に表す。

表 4.3.44 映像遅延に関する各システムの比較評価

No.	システム	通信形態	遅延時間 (sec)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6PC→IPv6PC	1.4	○
		IPv6PC→3G 端末(PC)	1.9	○
		3G 端末(PC)→IPv6PC	2.0	△
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4PC→IPv4PC	1.4	○
		IPv4PC→3G 端末(PC)	1.9	○
		3G 端末(PC)→IPv4PC	2.0	△
3	ISDN 対応 TV 電話端末	専用端末→専用端末	1.1	○
		専用端末→3G 端末(PC)	1.3	○
		3G 端末(PC)→専用端末	1.4	○
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	PC→PC	1.0	○
5	インターネット TV 会議サービス	PC→センターサーバ	3.8	×
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	3G 端末→3G 端末	1.1	○
7	テレビ会議システム端末	専用機器→専用機器	2.1	△

全体的な傾向として映像処理は音声処理に比べて処理が複雑であるために映像遅延は音声遅延より大きな遅延となっている。IPv6/3G 対応 TV 電話システムはソフトウェアエンコードのため、ハードウェアエンコードのシステムと比較して遅延が大きい傾向がある。

(6) 映像ノイズ比率：

通話が確立した状態で、3 分間新聞記事を読み続け、映像にノイズが入った時間を 10 回測定し平均をとり、その通話時間に占める割合を算出し比較した。

- 評価基準

映像ノイズ比率の評価基準を表 4.3.45 映像ノイズ比率に関する評価基準に示す。

表 4.3.45 映像ノイズ比率に関する評価基準

比較基準値	体感レベル	評価
～0.1%	快適に利用できるレベル	◎
～1.0%	ストレス無く利用できるレベル	○
～5.0%	気になるレベル	△
5.0%～	ストレスを感じるレベル	×

- 評価結果

映像ノイズ比率に関する各システムの評価を表 4.3.46 映像ノイズ比率に関する各システムの比較評価に表す。

表 4.3.46 映像ノイズ比率に関する各システムの比較評価

No.	システム	通信形態	ノイズ比率 (%)	評価
1	IPv6/3G 対応 TV 電話システム	IPv6PC→IPv6PC	0.4	○
		IPv6PC→3G 端末(PC)	0.8	○
		3G 端末(PC)→IPv6PC	1.1	△
2	IPv4/3G 対応 TV 電話システム	IPv4PC→IPv4PC	0.0	◎
		IPv4PC→3G 端末(PC)	0.9	○
		3G 端末(PC)→IPv4PC	0.8	○
3	ISDN 対応 TV 電話端末	専用端末→専用端末	0.0	◎
		専用端末→3G 端末(PC)	0.8	○
		3G 端末(PC)→専用端末	0.8	○
4	パソコン用 TV 会議ソフトウェア	PC→PC	0.0	◎
5	インターネット TV 会議サービス	PC→センターサーバ	1.4	△
6	第 3 世代 TV 電話対応携帯端末	3G 端末→3G 端末	0.1	◎
7	テレビ会議システム端末	専用機器→専用機器	0.0	◎

IPv6/3G 対応 TV 電話システムはベースとなっている IPv4/3G 対応 TV 電話システムにくらべて PC 端末間での映像ノイズが出ている。これは IPv6 対応したものの

まだ品質の十分なチューニングができていないためと考えられる。PC 端末-3G 端末間の通信のノイズ比率(0.8%、1.1%)については IPv4/3G 対応 TV 電話システム(0.9%、0.8%) や ISDN 対応 TV 電話端末 (0.8%、0.8%) の値と比べると多少差があるもののシステムの品質の問題というよりは第3世代 TV 電話端末との相性とも考えられ、前述のチューニングができれば同じレベルに改善されると考えられる。

4.3.3.5.6. 比較結果

比較をまとめたものを表 4.3.47 比較結果のまとめに示す。

品質については IPv6/3G 対応 TV 電話システムは検証用システムであったために品質に関しては十分な最適化がされておらず、既に市販されている他のシステムに比べて多少悪い結果となっている。今後、実用化・商品化に向けた機能追加の開発の一部として品質の改善も行われ、基本的に同じ仕組みで動作している IPv4 と同じ通信品質を確保できると思われる。

利用する通信媒体の接続のしやすさや利用範囲、品質を比較した結果、それぞれの適用範囲は以下のとおりと考える。

(1) IPv6/3G 対応 TV 電話システム :

企業利用をはじめ家庭利用も含めてあらゆる端末間で通話可能な公衆電話網の代替としての利用

(2) IPv4/3G 対応 TV 電話システム :

企業内や組織内など限られた範囲で構内電話網の代替として利用

(3) ISDN 対応 TV 電話端末 :

ブロードバンドのインターネットが利用できないが ISDN 回線であれば利用できる場所で比較的安定した品質の TV 電話を利用したい場合の利用

(4) パソコン用 TV 会議ソフトウェア

電話システムとしてよりも、企業内やインターネット上で一時的に TV 会議を行う場合の利用

(5) インターネット TV 会議システム

電話システムとしてよりも、企業内、企業間やインターネット上で一時的に TV 会議を行う場合の利用

(6) 第3世代 TV 電話対応携帯端末

外出先や出張先などインターネットが利用できない場合の利用。日常でも利用可能であるが、高い利用料金が発生するために緊急時や短時間の会話での利用限られると思われる。

(7) テレビ会議システム端末

本社支社などで決まった会議室などで遠隔の会議を行うための利用

表 4.3.47 比較結果のまとめ

システム名	通話パターン	利用 エリア	接続時間		音声品質			映像品質		
			着信	応答	音質	遅延	ノイズ	画質	遅延	ノイズ
IPv6/3G対応TV 電話システム	IPv6PC端末 →IPv6PC端末	○	○	○	×～△	△	◎	△	○	○
	IPv6PC端末 →3G端末	◎	△	△	×～△	△	○	△	○	○
	3G端末 →IPv6PC端末	◎	○	△	×～△	△	◎	△	△	△
IPv4/3G対応 TV電話システム	IPv4PC端末 →IPv4PC端末	△	○	○	○	△	◎	◎	○	◎
	IPv4PC端末 →3G端末	◎	△	△	×～△	△	◎	△	○	○
	3G端末 →IPv4PC端末	◎	○	△	×～△	△	◎	△	△	○
ISDN対応 TV電話端末	専用端末 →専用端末	△	○	△	○	◎	◎	○	○	◎
	専用端末 →3G端末	◎	△	△	×～△	○	◎	△	○	○
	3G端末 →専用端末	◎	○	△	×～△	○	◎	△	○	○
パソコン用 TV会議ソフトウェ ア	PC端末→PC端末	△/○	◎	◎	○	○	◎	△	○	◎
インターネット TV会議サービス	PC →センタサーバ	○	—	×	△	×	◎	◎	×	△
第3世代TV電話対応 携帯端末	3G端末 →3G端末	◎	×	△	×～△	○	◎	×	○	◎
テレビ会議 システム端末	専用機器 →専用機器	△/○	○	○	○	○	◎	◎	△	◎

4.3.3.6. モニタによる TV 電話の利用体験による主観的評価について

モニタに IPv6/3G 対応 TV 電話システムおよび 3G 端末を使用した TV 電話を体験させ、主観的評価に関するアンケートを実施した。

4.3.3.6.1. アンケート実施の状況

- (1) e モニタおよび三鷹市職員による体験利用 29 名
日常のコミュニケーションツールとして利用
- (2) 第三小学校での遠隔授業による体験利用 77 名
遠隔授業として利用
児童 75 名および担当教諭と対応した市対応者

4.3.3.6.2. TV 電話の利用体験に関するアンケート結果

(1) 音声品質および映像品質

音声品質に関するアンケート結果を図 4.3.46 音声品質に関するアンケート結果に、映像品質に関するアンケート結果を図 4.3.47 映像品質に関するアンケート結果に示す。

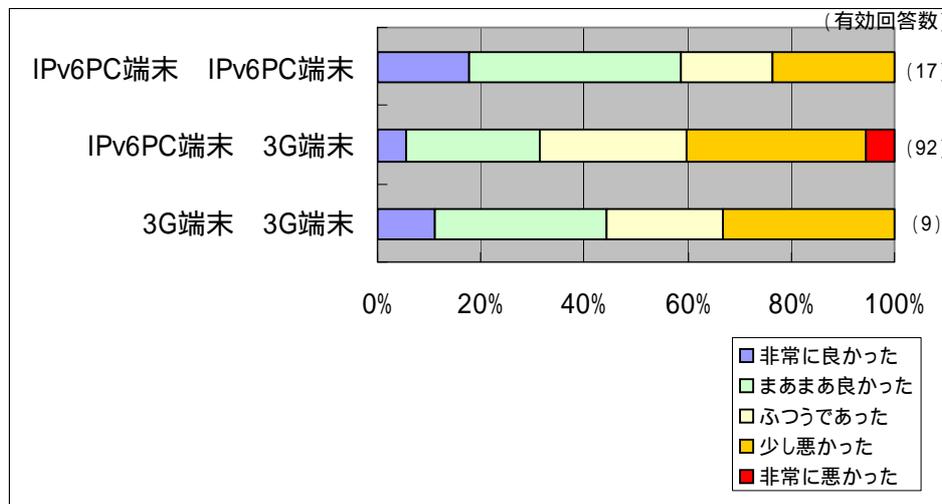


図 4.3.46 音声品質に関するアンケート結果

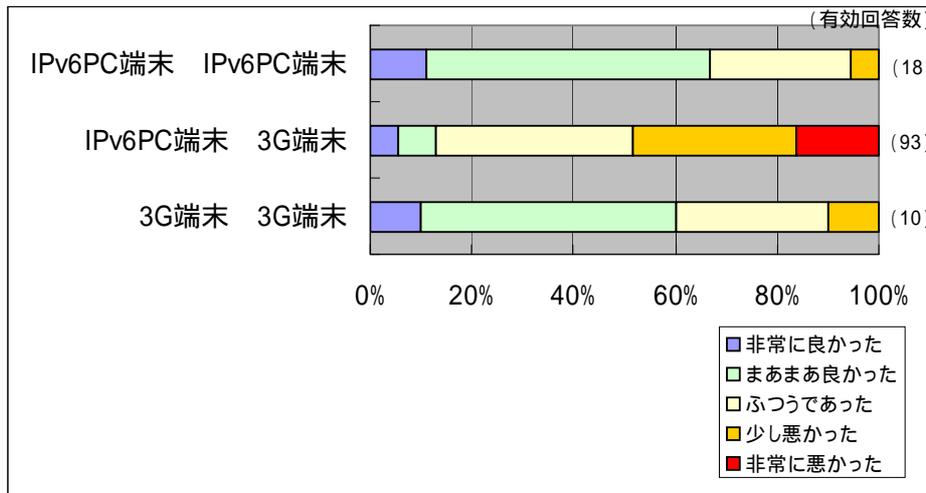


図 4.3.47 映像品質に関するアンケート結果

IPv6 PC 端末相互の通信では問題ない品質であることを示す「非常に良かった」「まあまあ良かった」「ふつうであった」の回答が音声品質では 70%を、映像品質では 90%を超えており、「非常に悪かった」という回答は見られないことから、一般ユーザに受け入れられる品質と考えられる。また、有料でサービスされている 3G 端末よりも良い結果となっており、そういった意味でも十分な品質と考えられる。

その一方で IPv6 PC 端末-3G 携帯端末の通話においては、「非常に良かった」「まあまあ良かった」より「少し悪かった」「非常に悪かった」の評価の割合が多くなっており、「非常に悪かった」と回答したモニタが音声品質で約 9%、映像品質では約 16%が存在しており使用に耐えられないケースがあったと考えられる。「非常に悪かった」を含めたマイナスの評価が多いものの「非常に良かった」という回答もあったことからモニタが利用体験した時の状況によって品質が大きく変化したためと考えられる。品質が悪化した現象を確認できた例としてはアンケート調査の対象にもなっている遠隔授業で使用したケースがあり、その詳細は 4.3.3.9 実証実験中に発生した問題点にて説明する。

(2) 接続時間（通話時間）

通話時間に関するアンケート結果を図 4.3.48 通話時間に関するアンケート結果に示す。

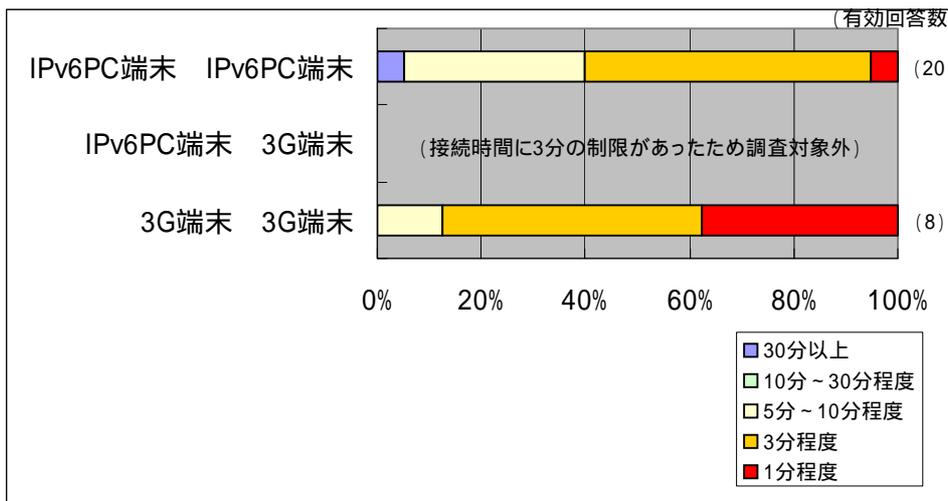


図 4.3.48 通話時間に関するアンケート結果

IPv6PC 端末相互の方が 3G 端末より長い時間通話する傾向にあるという結果が出た。3G 端末はモニタ個人契約の携帯電話端末を利用したために、無料で通話ができる IPv6PC 端末相互では余裕を持って長い時間通話していたと考えられる。

尚、IPv6PC 端末-3G 端末間の通信についてはゲートウェイ装置の第 3 世代携帯電話網へ接続するための回線が 2 通話分しかなく、多くのモニタにて共用するために学校利用以外のモニタについては通話時間を 3 分に制限した為に、IPv6PC 端末-3G 端末間については調査対象から外した。

(3) 操作性

操作性に関するアンケート結果を図 4.3.49 操作性に関するアンケート結果に示す。

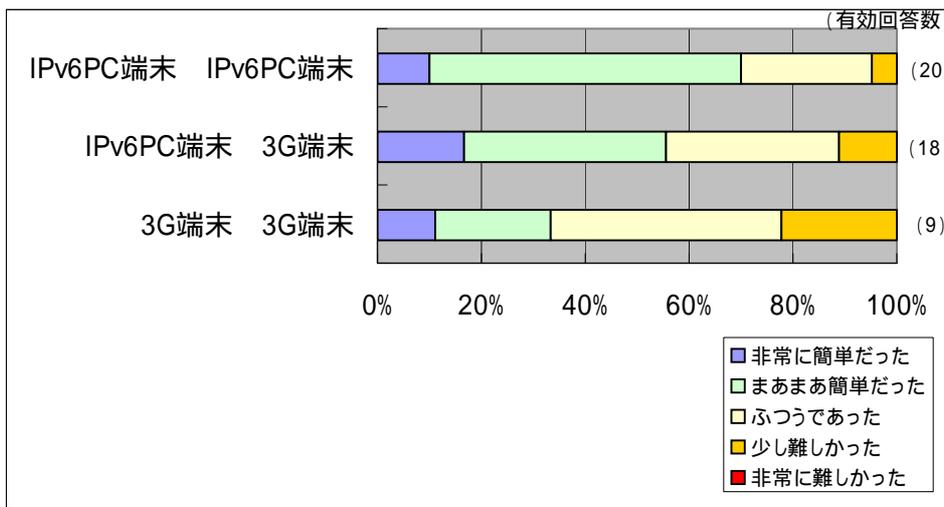


図 4.3.49 操作性に関するアンケート結果

全般的に「非常に難しかった」という回答がなく、「ふつうであった」「まあまあ簡単だった」「非常に簡単だった」との回答が70%以上になっており、操作性は良いと考えられる。IPv6 端末を使用した場合で「少し難しかった」と回答した理由としてはクライアントアプリケーションに数字のボタンがなかったこと、通信方式が SIP をベースとしたシステムであったために、メールアドレス同様にユーザ ID(URI)にドメイン名をつける必要があり長くなってしまったためと考えられる(図 4.3.50 操作性の違い(左: IPv6PC 端末、右: 3G 端末))。また、3G 端末の「少し難しかった」という理由に関しては一般的によく言われている高機能化に伴い端末操作方法が難しくなったためと思われる。



図 4.3.50 操作性の違い (左: IPv6PC 端末、右: 3G 端末)

4.3.3.7. モニタによる IPv6 インターネット端末相互、第 3 世代携帯電話端末相互の通信との比較

前節のモニタ別に IPv6/3G 対応 TV 電話システムと 3G 端末で実現される 3 つの通話パターンに関して比較を行うために 30 名に比較体験を行なってもらい、アンケートを実施した。

(1) 音声品質および映像品質

音声品質に関するアンケートの結果を図 4.3.51 音声品質に関するアンケート結果に、映像品質に関するアンケートの結果を図 4.3.52 映像品質に関するアンケート結果に示す。

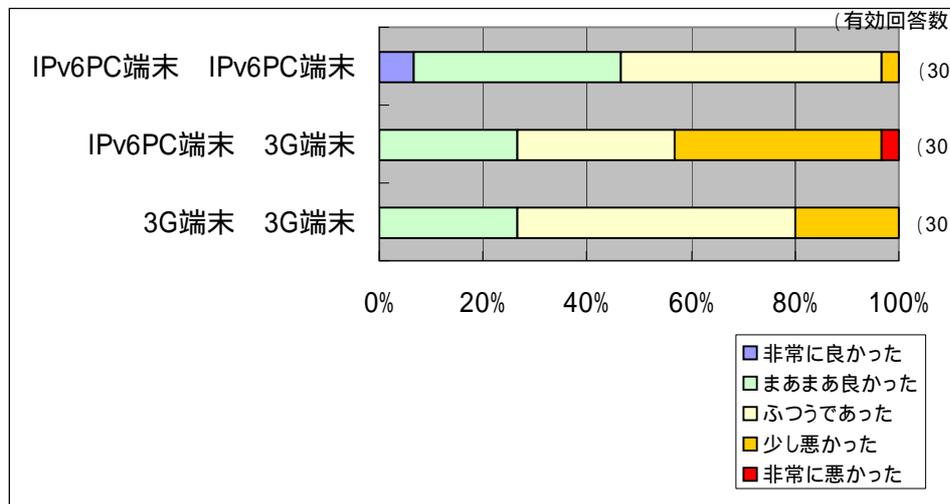


図 4.3.51 音声品質に関するアンケート結果

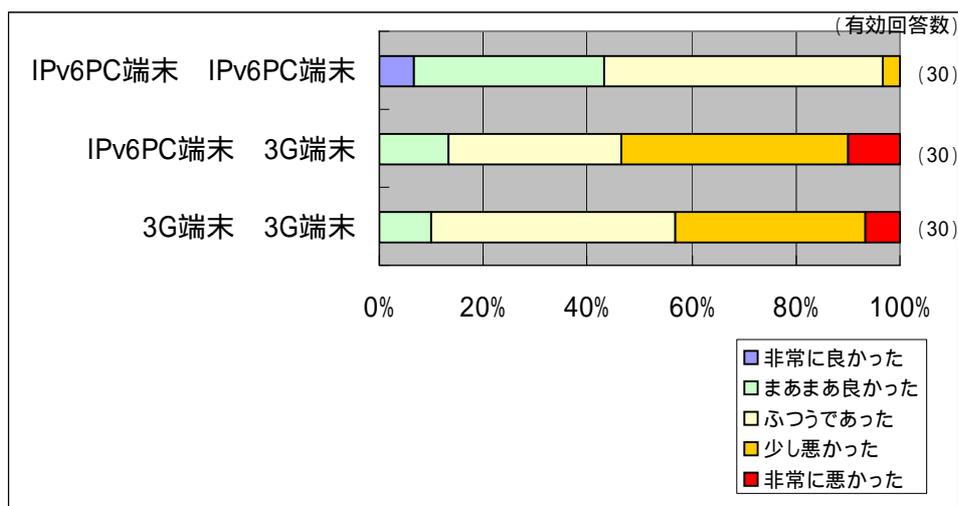


図 4.3.52 映像品質に関するアンケート結果

IPv6PC 端末相互の通信では音声品質および映像品質ともに「非常に良かった」「まあまあ良かった」「ふつうであった」の品質を許容する評価の合計が 90%を超えており、十分な品質であったことがわかる。3G 端末相互での通信については音声についてはマイナスの回答が 20%あるものの概ね受け入れられる品質であったことがわかるが、映像品質については 40%を超えるモニタがマイナスの回答をしており、「非常に悪かった」という意見もあり、全体的には品質に問題があるといえる。IPv6PC 端末と 3G 端末での通話についてはさらに評価が低く、音声品質については 45%、映像品質について 55%のモニタが「少し悪かった」「非常に悪かった」と回答しており、明らかに他の通信パターンより品質が悪いとの評価を受けたことがわかる。この通信パターンでの評価が 4.3.3.6 モニタによる TV 電話の利用体験による主観的評価について」での結果に比べて悪い評価を得ているのは、非常に評価の良かった IPv6PC 端末相互の通信とほぼ同時に比較されているという不利な点はあるが、方式の問題として厳密に通信品質を確保することが難しい IP ネットワークと狭帯域の第 3 世代携帯網という TV 電話用としては不利な条件の 2 つのネットワークを利用し、かつ、その間で通信プロトコルの変換まで行っているために双方の弱点が出る形となっていると考えられる。

(2) 接続性

モニタが発信をしてから TV 電話が開始されるまでの接続時間に関するアンケートの結果を図 4.3.53 接続時間に関するアンケート結果に示す。

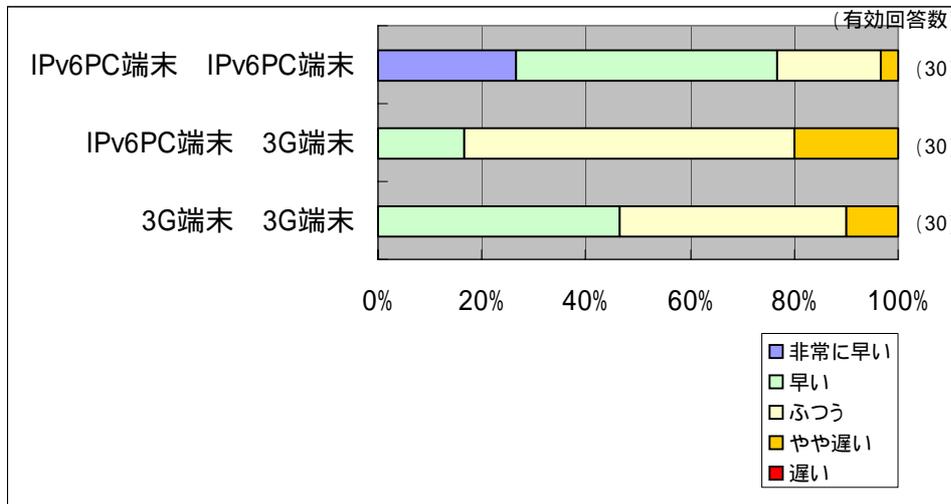


図 4.3.53 接続時間に関するアンケート結果

IPv6PC 端末相互間での通信に関しては基本的性能の比較で測定したとおりに、着信時間 1.0 秒、接続時間 1.0 秒と短い時間で接続されるので、「非常に早い」「早い」「ふつう」の評価をあわせると 95%を超える良い評価となっている。

IPv6PC 端末-3G 端末間の通信と 3G 端末相互に関して着信時間・接続時間はほぼ同じ結果となっているがモニタからのアンケート結果では違いが見られ、IPv6PC 端末-3G 端末間の通信が悪い評価となっている。これは IPv6PC 端末から 3G 端末に発信したときに、IPv6PC 端末側では 3G 端末側が応答しても映像が出るまで呼び出し音が鳴ったままになり、ユーザは相手が応答したことがわからないまま待たされることが原因と考えられる。

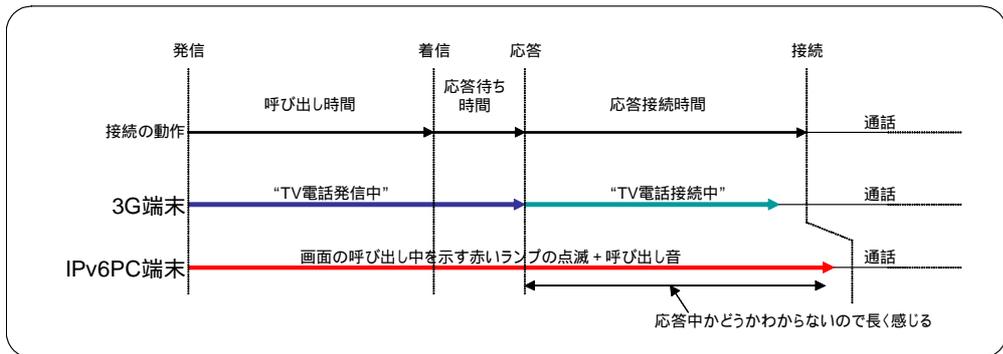


図 4. 3. 54TV 電話接続時の接続状況の表示について

(3) 操作性

操作性に関するアンケート結果を図 4. 3. 55 操作性に関するアンケート結果に示す。

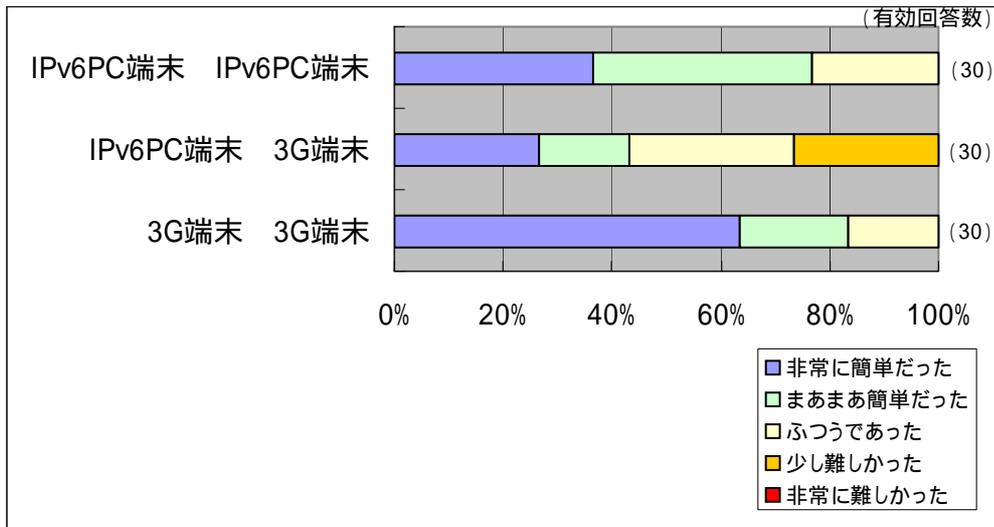


図 4. 3. 55 操作性に関するアンケート結果

IPv6PC 端末相互および 3G-PC 端末相互間での操作では難しいとの回答をしたモニタはおらず、簡単な操作であったことがわかる。前述の利用体験による結果と比較すると「少し難しい」がゼロになっているが、これは体験利用時に説明員が操作方法を説明した直後に使用したためと考えられる。一方 IPv6PC 端末-3G 端末間で「少し難しい」が約 30%存在している理由としては、3G 端末から IPv6PC 端末

間へ発信する際に事前に携帯電話インターネット接続サービスなどを利用してゲートウェイ装置に対して通話先を設定する手順が必要なためである。ダイヤルインやサブアドレスなどの公衆網の機能を使用して IPv6 ネットワーク側の端末を発信側から指定することは論理的には可能であるが、現在段階ではまだこの様な機能は盛り込まれていない。

- 操作手順

IPv6PC 端末からの IPv6PC 端末もしくは 3G 端末への発信方法を図 4.3.56 IPv6PC 端末からの発信方法に、3G 端末から IPv6PC 端末への発信手順を図 4.3.57 3G 端末からの発信方法に示す。3G 端末から IPv6PC 端末への発信手順はより多くの手順を必要としていることがわかる。



図 4.3.56 IPv6PC 端末からの発信方法

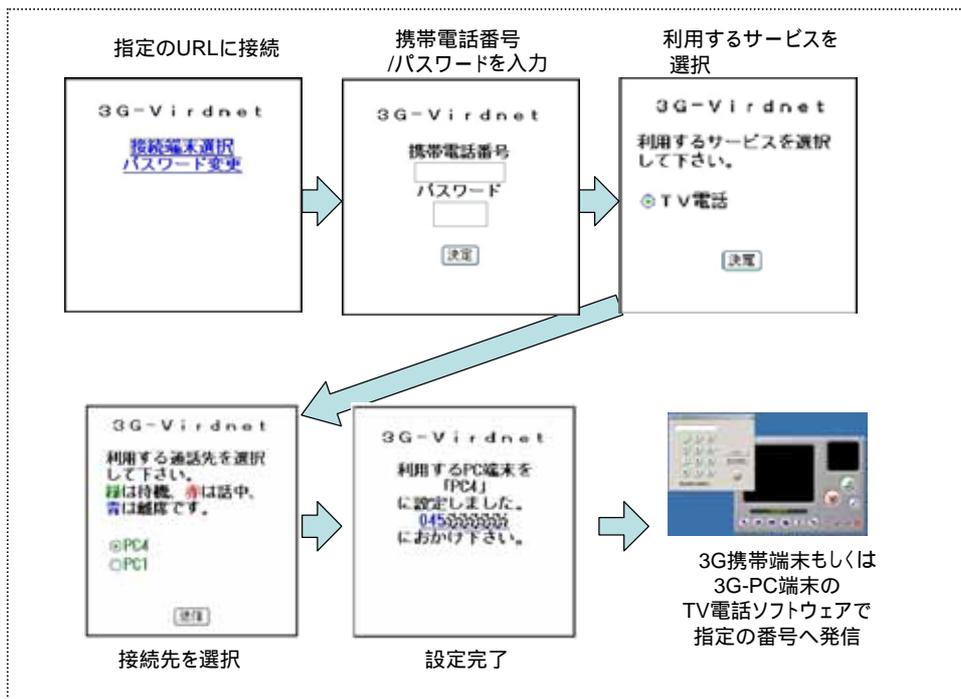


図 4.3.57 3G 端末からの発信方法

4.3.3.8. 考 察

IPv6/3G 対応 TV 電話システムの基本的な品質についてはベースとなった IPv4/3G 対応 TV 電話システムに一部劣るところがあるもののほぼ同じような性能があることがわかった。本実証実験のために開発した製品初期のシステムであるが、十分な最適化が行われれば基本的に同じ仕組みで動作している IPv4/3G 対応 TV 電話システムと同様の品質になると考えられる。しかし、IPv4/3G 対応 TV 電話システムも 3G 端末もまだ十分な品質を持っているとは言えないので、IPv4/IPv6 にこだわらずこれらの技術開発を進めていき、全体として技術力を高め品質を安定させていくことが重要である。

モニタ実験では多くのユーザから十分な品質や操作性があるとの評価を得ているが、一方でマイナスの評価もあった。マイナスの評価を減らしていくために様々な状況でも安定して使用できるようにする必要がある。特に教育現場で使用を考慮すると、相手先が第 3 世代携帯網のサービス圏内であれば使用できるという基本的な特徴は魅力的であるが、確実に安定動作しなければ児童たちの貴重な授業時間が無駄になってしまうこととなり、品質や安定性の改善は導入条件として必須と考えられる。

また、一般的なユーザは接続時間のデータが示すとおり、安価で使用できる TV 電話システムであれば日々のコミュニケーションツールとして受け入れられると考える。その際の要望としてはネットフォンと同様の要望が想定され、第 3 世代携帯網のみならず一般電話網への接続や様々な形態の端末や IPsec による暗号化、また、コミュニケーションをより高めるためのチャットやファイル転送、ホワイトボードなどの機能が付加されれば、相手の表情を見ながら通話ができる TV 電話システムを中心にコミュニケーションが広がると考えられる。そういった条件が整えば IPv6 の P2P の特徴を生かして、現在の公衆電話網に匹敵し、様々な新しい機能を提供するコミュニケーションネットワークが生まれることが期待できる。

4.3.3.9. 実証実験中に発生した問題点と今後の課題

(1) USBカメラとノートPCの相性による不具合

本システムではユーザの映像を撮影するカメラはUSBカメラを使用しており、その要求条件としてはIPv6/3G対応TV電話システムクライアントが動作するノートパソコンのOS(Windows XP)に対応することである。この条件では一般に出回っているUSBカメラのほとんどが利用条件を満たしていることになり、使用するUSBカメラを選ばないはずであった。ところが実際には使用するカメラによって映像品質に影響するケースがあることが判明した。その原因はUSBカメラのドライバがどの程度CPUリソースを使用するかである。同じIPv6PC端末および同じ通信相手にて相性の悪いUSBカメラAを使用した場合のCPU使用率を図 4.3.58 USBカメラAのCPU使用率に、相性の良いUSBカメラBを使用した例を図 4.3.59 USBカメラBのCPU使用率に示す。USBカメラAではCPU使用率が100%になっているのに対してUSBカメラBではCPU使用率が50%程度にとどまっている。特にIPv6PC端末-3G端末間での通信で営業があり、特に3G端末側の電波状態が悪いときに顕著に症状が現れており、遠隔授業のケースがこれに該当する。

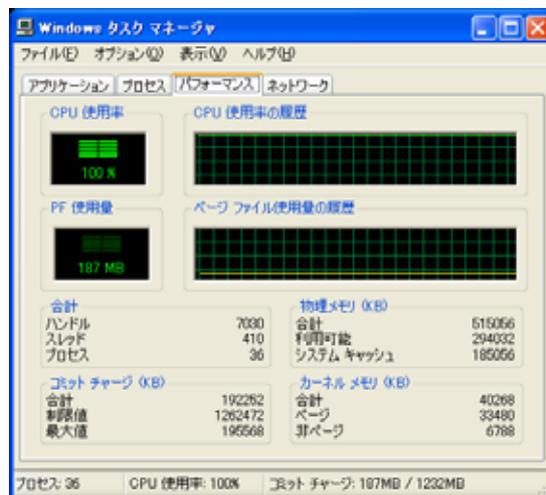


図 4.3.58 USBカメラAのCPU使用率

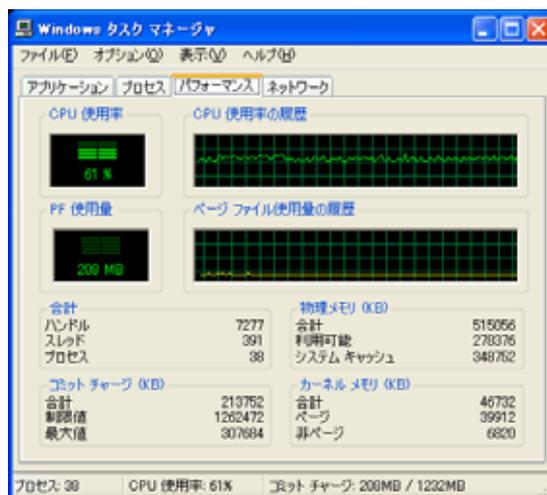


図 4.3.59 USB カメラ B の CPU 使用率

(2) 今後の課題

当初想定しなかった USB カメラの相性の問題から、今後のシステム開発においては IPv6 というプロトコルレイヤの通信状態の検証のみならず、ハードウェアに起因した様々な検証を行う必要がある。

今回の検証を行うことにより、上記を再認識できたことは有益であった。