

インターネットを用いた研究支援環境 ～電子会議システム～

A support system for research activities using the Internet
-Electronic Conference System-

野村 亮* 石田 崇† 中澤 真** 鴻巣 敏之† 松嶋 敏泰† 平澤 茂一†

* 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 † 早稲田大学理工学部経営システム工学科
† 大阪電気通信大学情報工学部情報工学科 ** 福島県立会津大学短期大学部産業情報学科

要旨: インターネットを用いてセミナー・研究発表・討論などを行うための研究支援環境を構築する。このシステムは(1)電子会議システム、(2)文書検索システムからなる。前者はいわゆるエレクトロニックカンファレンスシステムであるが、ランニングコストを抑えるために専用線を選ばずインターネットを用いている。後者はセミナーなどで用いる資料・データ・論文などを検索し、効率よく議論するためのものである。いずれも低価格な汎用機器を利用する。今回はインターネットを用いて電子会議を行う場合のQoS(遅延時間・パケットロス率)、特に遅延時間について測定した結果を報告する。

Abstract: A research activities support system for researchers over worldwide universities and industries is developed. Because of reducing the running cost, we construct (1) network conference system by using low cost devices and the Internet. Besides (1), we introduce (2) a private database system and its information retrieval system which are installed on usual low cost personal computers (PC's). Based on these subsystems, research activities for researchers such as discussions with each other over the countries can be supported. One of the main problems of this paper is to clarify the conditions whether we can use this system comfortably or not, depending on the quality of service (QoS) of the Internet.

1 はじめに

近年、遠隔教育システムのような教育支援システムが広く普及しつつある。一方、ネットワークを用いた研究者同士の情報交換は以前より行われていたにも拘わらず、研究支援システムはさほど身近に実用化されていない。本報告では「NetSemi」と略称する空間的に離れた大学・企業間の研究者達による共同研究の場を提供する研究活動支援システム [1][2][6][7][8] について述べる¹。

「NetSemi」は(1)ネットワーク型カンファレンスシステム「NetCon」と(2)研究支援用プライベートデータベース「PDB」から成っている。(1),(2)に基づき少人数のセミナー・研究発表・フォーラム・技術会議・講演会・技術打ち合わせ・研究指導など(以下、これらを総称して「ゼミ」という)を実現することができる。しかし、低価格の汎用PCによる音声・ビデオ信号の送受信は大きな遅延時間をもたらす。インターネットのサービス品質(Quality of Service:QoS)は研究支援システムの機能・性能に大きな影響を及ぼす。本報告の重要な目的は研究支援システムを快適に、満足に利用できる条件を明らかにすることである。

我々はこれまでに以下の手順で研究支援システムを快適に、利用できる条件を考察してきた [1]。まず、国内・海外の研究グループと本システムを用いて実際にゼミを実施、その際、実回線の「回線遅延時間」と「パケットロス率」によるQoSを測定しデータを蓄積した。同時に参加者のシステム利用上の満足度をアンケートにより評価した。次に、PCによりインターネットの回線特性をシミュレートし、擬似回線を用いてゼミを実施、回線遅延時間とパケットロス率をパラメータとする回線シミュレータを導入することにより、広い範囲の回線品質条件で利用上の満足度を参加者のアンケートにより評価した。特にエンドツーエンドの遅延時間には回線遅延時間の他、CODEC遅延時間、パケット化遅延時間とバッファ遅延時間が加算されるが、それぞれの遅延時間についても実験を行った。

本報告では、上記結果の中で研究支援システムを快適に利用するための重要な要素であると結論づけた実回線の「回線遅延時間」について追加実験を行った。その結果について前稿の結果と併せて考察を行う。

2 研究活動支援システム「NetSemi」の構成

研究活動支援システム「NetSemi」は図2.1に示すように(1)ネットワーク型カンファレンスシステム「Net-Con」と(2)プライベートデータベース「PDB」で構成される。これにより共通の興味を持つ大学や企業の研究者はインターネットを通して共同研究を実施できる。

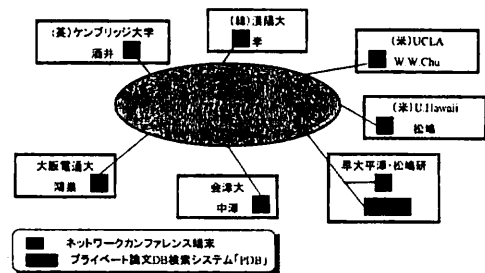


図 2.1: 研究支援システム「NetSemi」の構成

2.1 ネットワーク型カンファレンスシステム「Net-Con」

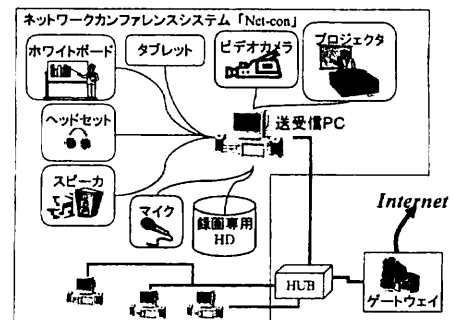


図 2.2: 「NetCon」の構成

ネットワーク型カンファレンスシステム「NetCon」は比較的低価格の機器で構成されていること、通信回線

¹本システムは当初、著者らの一部が在外研究(松嶋:2001年10月-2002年9月ハワイ大学、平澤:2002年4月-9月カリフォルニア大学)で海外に長期滞在した際の遠隔地からの研究指導用として検討を開始した。

がインターネットであることを除き、通常の電子会議システムとほぼ同じである。図 2.2 に「NetCon」の構成を示す。

発表者はスクリーンやディスプレイ上の図表や数式を指しながら声・挿絵・動画などにより研究成果を説明する。その結果、遠隔の研究者同士が容易かつ迅速に討論することができる。

通常の電子会議システムは 10k - 2M[bps] の専用線、或いは 1.5M[bps] の N-ISDN 回線を用いるので、高速かつ常に通信サービス品質が保証されている²。しかし、「NetCon」はインターネットを用いるため、とりわけその QoS は重要な問題となる。

2.2 プライベートデータベース「PDB」

プライベートデータベース「PDB」は各種データを蓄積するデータベースサーバと文書検索エンジンから構成されている。また、pdf ファイルを蓄積し検索対象とする他、各種データに手書き資料を含め検索対象とするためにデジタル化する OCR が必要である。現在、主として個人が作成したゼミ用資料とそれに関連したデータ・文献などから成る。

3 インターネットの通信サービス品質 (QoS)

以下では「NetCon」に焦点を絞る。「NetCon」に最も重要なことは汎用送受信 PC の性能とインターネットの QoS の観点から電子会議が満足に実施できる条件を明らかにすることである。我々は前回、通信回線の QoS について報告をした [1]。本章では、その主結果の一部を述べる。

一般に通信回線の QoS は遅延時間とパケットロス率の他、ジッタ・スループットなどで評価される。ここでは、容易に測定可能なパラメータであること、また回線シミュレータにより設定可能なパラメータであることから回線の QoS を示す要因として遅延時間・パケットロス率³を考えた。

3.1 遅延時間

後出図 4.3a に示すように、「NetCon」のエンドツーエンドの遅延時間は 5 つの部分から成っている。

$t_c + t_d$ は音声・ビデオ信号の CODEC (アナログ・デジタル変換) における遅延時間である。音声信号とビデオ信号はいわゆる「Lip Sync」といわれる条件を満たすため、同期して符号化される。CODEC 遅延時間は音声信号の標準化 (入力待ち・分析)・伸張・フィルタのための遅延時間である。CODEC はソフトウェアによる方法の他、映像配信サーバのように専用のハードウェアを実装したものもある。

$t_p + t_b$ は送信側でパケットを生成するための遅延時間と受信側でパケットを蓄積しジッタを吸収するために生ずるバッファ遅延時間である。これらは PC の OS・CPU クロック周波数・アーキテクチャなどに依存する他、PC のバックグラウンドジョブの処理量の影響を受ける。

t_n はパケットを伝送するための純粋にネットワークに起因する遅延時間である。したがって、距離とリンクの経路などに依存している。この遅延時間は送信側でパケットを擬似的に送り、受信側でこれを送信側に戻すいわゆる「ping」により簡単に測定することができる。

²例えば、音声・文書の静止画像・描画などのグラフィック情報を用いたオーディオグラフィック会議システムも B-ISDN(1 チャンネル)で標準化されている。また、共同作業を行うマルチメディアグループウェアも専用線利用を前提としている。

³パースト的パケットロスを除く。

3.2 パケットロス率

パケットロスは主としてネットワークトラフィックが過重な場合に起こる。リンクを構成するルータの性能に起因することもある。インターネット上のルータはバッファ容量の範囲内で受信したパケットを蓄積し、これを次のルータに送信する。リンクを構成するルータのバッファオーバーフローによりパケットロスが起こる。その結果、受信側に雑音を発生する。

4 QoS 実測例 [1]

4.1 送受信 PC と実回線の QoS の測定

4.1.1 全遅延時間 t_o

我々は [1] で全遅延時間を表 4.1 の要因に分類し、「NetCon」に最も影響を与えるか調査した。その結果回線遅延時間と CODEC 遅延時間の影響が強いことがわかった。ここでは、[1] における回線遅延時間と CODEC 遅延時間の測定方法と測定結果について述べる。

表 4.1: 要因別遅延時間

符号化遅延時間	t_c
パケット化遅延時間	t_p
回線 (ネットワーク) 遅延時間	t_n
ジッタ吸収用バッファ遅延時間	t_b
復号遅延時間	t_d
全遅延時間	t_o

(1) 回線遅延時間 t_n

英国ケンブリッジ大学 (CU)・米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA)・米国ハワイ大学マノア校 (UHM) のそれぞれと早稲田大学 (WU) の他、早稲田大学内 (LAN 内) を結んで ping による測定結果を表 4.2 に示す⁴。表にはそれぞれの大学間の典型的な遅延時間 (往復、片道は約半分) とパケットロス率を示す。これらは 1 日・1 週間を通じ常に一定であるわけではなく、あくまで平均となっている。時間毎・曜日毎の実測例は前原稿を参照されたい [1]。また、表 4.3 に WU-CU のリンクパス構成例を示す。

表 4.2: 実回線の典型的な QoS (回線遅延時間は往復)

パケットサイズ	パケットロス率 [%]		回線遅延時間 [ms]		スループット (KB/s)
	64 [Byte]	1K [Byte]	64 [Byte]	1K [Byte]	
WU - CU	0.270	0.783	278.089	284.074	248
WU - UCLA	0.000	0.003	144.400	148.500	
WU - UHM	0.000	0.000	177.000	187.300	
within LAN	0.000	0.000	0.945	2.806	30

(2) CODEC 遅延時間 $t_c + t_d$

図 4.4 に示すように、CODEC 遅延時間 $t_c + t_d$ は送受信 PC の音声信号を用いて全遅延時間 t_o を測り、これから (1) 回線遅延時間、(2) パケット化遅延時間とバッファ遅延時間の合計を差し引いて求める。すなわち、音響測定系により「NetCon」のマイクの入力信号、同スピーカ出力信号間のエンドツーエンド全遅延時間 t_o を測定し、 $t_c + t_d = t_o - (t_n + t_p + t_b)$ とする。(2) と同様、使用する機器と実施する環境⁵ に対する結果を表 4.4 に示す。

⁴MS NetMeeting, Dell Dimension 4100-Dell Inspiron 8100 を使用する。この条件では PC 内にある遅延時間は約 520ms [s] である。

⁵(2) の環境と同じ。

表 4.3:CU-WU のリンクパス例

ホップ数	Router/Gateway	period [ms]
1	hawaii.mgmt.mcsdcs.edu	0.311
2	c751261b.cft.waseda.ac.jp	0.609
3	e751261c.cft.waseda.ac.jp	0.689
4	e751261d.cft.waseda.ac.jp	0.823
5	townon.cft.waseda.ac.jp	2.154
6	ie-tye-01-fdd1-02.noc.iminet.ad.jp	2.381
7	ie-tye-03-fdd1-02.noc.iminet.ad.jp	2.289
8	sear-fa-tr2.noc.iminet.ad.jp	3.419
9	abilene-tr2.jp.sprint.net	144.902
10	clev-isp-ablencs.cald.edu	183.636
11	nycom-rel-ablencs.ucac.edu	183.984
12	nympo.ja.net	183.722
13	u-s-gw.ja.net	283.873
14	london-bar.ja.net	244.033
15	poa-0-lond-scr.ja.net	295.398
16	cambridge-bar.ja.net	281.348
17	route-04.cam.ac.uk	280.586
18	route-down-3.cam.ac.uk	280.533
19	route-ent-8.cam.ac.uk	267.348
20	heathrow-0.cam.ac.uk	287.777
21	valentia-01.cam.ac.uk	267.523

表 4.4:CPU と OS の違いによる平均 CODEC 遅延時間 (m[s])

使用ソフト	接続種類	比較対象PC	
		固定PC(Panasonic CF-W2)	DELL Dimension4100
MS NetMeeting	直結	0.522	0.483
	回線経由	0.544	0.464
BizMate	直結	1.013	0.861
	回線経由	0.148	0.134

比較対象PC		
メーカー別番	DELL Dimension4100	Panasonic CF-W2
CPU	Pentium 3	Pentium M
クロック周波数	1GHz	1GHz
メモリ	128MB	524MB
OS	Win XP	Win XP

4.2 疑似回線による「NetCon」の評価

[1]では、回線遅延時間とパケットロス率を回線シミュレータにより変化させ実際に「NetCon」を実施し、アンケートによりゼミとして成立するかどうかを評価した。その結果も併せて述べる。

[実験] 図 4.1 のように隣接研究室の送受信 PC 間にネットワークシミュレータ(疑似回線)を挿入する。これにより回線遅延時間・パケットロス率をパラメータとして設定し、その条件の下で「NetCon」を用いて通常のゼミを実施する。ここで、使用する電子会議ソフトウェアは MS NetMeeting とし、隣接研究室で行う通常のゼミ形式とは単純かつ典型的な作業を伴う次のようなものである。

- (i) ゼミ発表者と参加者は Microsoft Power point ファイルを共有しながら説明する。
- (ii) 発表者が説明中でも他の参加者は随時質問ができ、質疑応答が始まる。
- (iii) 隣接研究室間には互いに様子を映す小型 CCD カメラでコマ送り程度の小画面動画像を表示する。

このような状況を作り、アンケートによる方法で「NetCon」の利用満足度を評価する。ただし、アンケートの評価値で、5 は「通常のゼミ通りで快適」、3 は「慣れれば問題ない」、1 は「ゼミとして成立しない」と設定している。3 以上を選んだ参加者の割合を利用満足度としている。その結果を図 4.2 に示す。

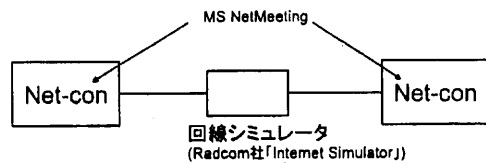


図 4.1:実験方法

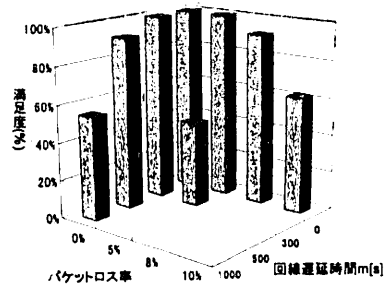


図 4.2:QoS に対する「NetCon」の満足度

5 許容遅延時間

上記の結果より全遅延時間に関して次のことがわかる [1].

5.1 送受信 PC 内の遅延時間

送受信 PC による QoS (遅延時間) はそのハードウェア・ソフトウェアの構成に依存する。低価格汎用 PC を音声・ビデオ信号の送受信に用いる限り、大きな遅延時間は不可避である。

- (a) PC のハードウェア・OS の違いによる差は大きくないが、PC 内遅延時間 (CODEC 遅延時間、パケット化遅延時間とバッファ遅延時間の合計) は 483-522m[s] と大きい。
- (b) パケット化遅延時間とバッファ遅延時間の合計は CODEC 遅延時間に比べ十分小さい⁶。

5.2 実回線の回線遅延時間

実回線の QoS (回線遅延時間とパケットロス率) に注目すると、

- (c) インターネットで結ぶ研究室が位置する国のビジネスアワーの影響が大きい⁷。
- (d) 回線遅延時間は距離だけではなくパスを構成するリンクの影響を受ける⁸例えば、UHM-WU より UCLA-WU の方が遅延時間が小さい。
- (e) QoS はパスリンクとルータの繁忙時間の影響を受ける [4].

5.3 全遅延時間とパケットロス

実際の音声通信に対する遅延時間の目安は固定電話 100m[s] 以下、携帯電話 150m[s] 以下、IP 電話 200m[s] 以下である。衛星回線を用いた国際電話などで 400m[s] 以上は不適とされている。しかし、今回の [実験] からは、訓練と慣れにより図 4.2 に示した通り

- (f) 回線遅延時間 300m[s] (パケットロス率ゼロの時) が許容可能である [6].

総合的にみて、音声の品質がゼミを快適に実施できるかの鍵を握っていることが分かる [6].

⁶前者は最大約 2.7m[s] 程度である。

⁷例えば、UHM-WU より UCLA-WU の方が遅延時間が小さい。

表 6.1: National Taiwan Univ. - Waseda Univ. traceroute 結果

ホップ数	DHCPによる割り当て		固定IPアドレス	
	ホスト名(IPアドレス)	時間	ホスト名(IPアドレス)	時間
1	gw1 (210.230.82.1)	<10 ms	(133.9.147.1)	<10 ms
2	kaarep002.v4.kddi.ne.jp (210.167.128.129)	<10 ms	(133.9.255.241)	<10 ms
3	kaarep002.v4.kddi.ne.jp (211.134.70.197)	<10 ms	taumon.cf.waseda.ac.jp (133.9.0.241)	<10 ms
4	kyCORE04.v4.kddi.ne.jp (210.238.128.213)	<10 ms	SI-NET	<10 ms
5	olecb302.kddnet.ad.jp (203.140.128.105)	<10 ms	(203.181.248.18)	<10 ms
6	olejb201.kddnet.ad.jp (203.181.97.145)	<10 ms	(203.181.248.97)	<10 ms
7	gar-ote101.kddnet.ad.jp (203.181.96.97)	<10 ms	(203.181.248.153)	<10 ms
8	gar-ote2.kddnet.ad.jp (203.181.96.243)	<10 ms	(140.109.251.42)	30ms
9	tr-ote2.kddnet.ad.jp (203.181.96.150)	<10 ms	(140.109.251.49)	30ms
10	(203.181.102.138)	60ms	(140.109.251.121)	30ms
11	(203.160.227.229)	60ms	(140.118.250.14)	30ms
12	(203.160.228.178)	180ms	(140.118.31.56)	40ms
13	10.r1.TaipeiGigaPoP.rta.soc.net (140.109.251.49)	180ms		
14	NTUST.TaipeiGigaPoP.rta.soc.net (140.109.251.121)	180ms		
15	(140.118.250.14)	170ms		
16	www.ntust.edu.tw (140.118.31.56)	190ms		

6 ネットワークアドレスと回線遅延時間

前章の結果より、「NetCon」成立には音声の品質、特に遅延時間が重要であり、全遅延時間には回線遅延時間と CODEC・パケット化遅延時間が大きく影響を与えていることがわかる。

特に、回線遅延時間は曜日・時間により結果が異なることがわかった。本章では、固定の IP アドレスを用いた場合と DHCP により割り当てられた IP アドレスを使用した際の早稲田大学-台湾間のルーティングに関する結果を示す。表 6.1, 6.2 に早稲田大学から国立台湾科学技術大学 (NTU) と淡江大学との tracert による結果を示す。⁹ 上記の結果より、同じ学内からでも DHCP により割り当てられた IP アドレスを用いる場合と固定 IP アドレスを使用する場合は回線遅延の時間が台湾-早稲田間最大で 150m[s] ほど異なることがわかる。

7 まとめ

「NetCon」成立の重要な要因である回線遅延時間は様々な要因により決定される。我々は前原稿で、曜日・時間によって回線遅延時間が異なることを示したが、本稿ではさらに IP アドレスの取得方法により異なることもわかった。可能ならば、固定の IP アドレスを使用すべきだと考えられる。

「NetCon」成立に向けては IP アドレス取得方法も含め、あらかじめ先方とのインターネットの QoS、特に音声品質に及ぼす影響を十分測定することが必要であると考えられる。その結果、本稿で述べた QoS の範囲内に収まれば研究活動支援システムとして有効に利用できることが結論づけられる。なお、本報告の議論は多点間のネットワーク型カンファレンスシステム¹⁰を用いる場合も適用可能である。

今回は Microsoft 社の NetMeeting 利用を基本条件とし、MSN Messenger と松下電器産業 (株) がサポート

⁹ これらの結果は早稲田大学インターナショナル株式会社より提供いただいた。

¹⁰ BizMate など

表 6.2: Tamkang Univ. - Waseda Univ. traceroute 結果

ホップ数	DHCPによる割り当て		固定IPアドレス	
	ホスト名(IPアドレス)	時間	ホスト名(IPアドレス)	時間
1	gw1 (210.230.82.1)	<10 ms	(133.9.147.1)	<10 ms
2	kaarep002.v4.kddi.ne.jp (210.167.128.129)	<10 ms	(133.9.255.241)	<10 ms
3	kaarep002.v4.kddi.ne.jp (211.134.70.197)	<10 ms	taumon.cf.waseda.ac.jp (133.9.0.241)	<10 ms
4	kyCORE04.v4.kddi.ne.jp (210.238.128.213)	<10 ms	SI-NET	<10 ms
5	utecb302.kddnet.ad.jp (203.140.128.105)	<10 ms	(203.181.248.18)	<10 ms
6	olejb201.kddnet.ad.jp (203.181.97.145)	<10 ms	(203.181.248.97)	<10 ms
7	gar-ote101.kddnet.ad.jp (203.181.96.101)	<10 ms	(203.181.248.153)	<10 ms
8	gar-ote2.kddnet.ad.jp (203.181.96.243)	<10 ms	(140.109.251.42)	30ms
9	tr-ote2.kddnet.ad.jp (203.181.96.150)	<10 ms	(140.109.251.49)	30ms
10	(203.181.102.138)	60ms	(140.109.251.109)	30ms
11	(203.160.227.229)	60ms	(183.13.254.253)	30ms
12	(203.160.228.122)	60ms	(183.13.254.205)	40ms
13	(203.72.43.102)	70ms		
14	4.r1.TaipeiGigaPoP.rta.soc.net (140.109.251.114)	70ms		
15	TKU.TaipeiGigaPoP.rta.soc.net (140.109.251.109)	190ms		
16	(183.13.254.253)	190ms		
17	www.tku.edu.tw (183.13.205)	200ms		

する BizMate を使用し「NetCon」を評価した。しかし、本格的な実用化のためには最新のグループウェアと最新の PC でアンケート調査を実施し、比較・評価する必要がある

謝辞

早稲田大学-台湾間のルーティングに関するデータを提供頂いた早稲田大学インターナショナル株式会社に感謝します。本研究の一部は早稲田大学特定課題 2004A-173 の研究助成による。

参考文献

- [1] 平澤茂一, 松嶋敏泰, 鴻巣敏之, 中澤真, 野村亮, “インターネットを用いた研究支援環境”, 2004 年経営情報学会秋期全国大会, 2004 年 10 月.
- [2] 平澤茂一, 松嶋敏泰, 鴻巣敏之, 酒井哲也, 中澤真, 李相協, 野村亮, “「インターネットを用いた研究活動支援システム」システム構成”, 2001 年 PC カンファレンス予稿集, pp.60-61, 金沢, 2001 年 8 月.
- [3] 中川晋一, 勝本道哲, “IP 通信によるデジタルメディアの将来”, 情報処理, vol.41, no.12, pp.1314-1348, 2000 年 12 月.
- [4] 高野正次, “インターネット電話の品質評価について”, オペレーションズリサーチ, pp.129-134, 2001 年 3 月.
- [5] 鶴正人, 尾家祐二, “インターネットの特性計測技術とその研究開発動向”, 情報処理, vol.42, no.2, pp.192-197, 2001 年 2 月.
- [6] 野村亮, 中澤真, 鴻巣敏之, 松嶋敏泰, 平澤茂一, “「インターネットを用いた研究活動支援システム」システム構成と評価”, 2001 年日本経営工学会秋季発表大会予稿集, pp.252-253, 福岡, 2001 年 11 月.
- [7] 野村亮, 中澤真, 松嶋敏泰, 平澤茂一, “「インターネットを用いたゼミと研究指導」実用化報告”, 2002 年 PC カンファレンス予稿集, pp.60-61, 東京, 2002 年 8 月.
- [8] 中澤真, 野村亮, 鴻巣敏之, 松嶋敏泰, 平澤茂一, “インターネットを用いた研究支援システム”, 私情協 2003 年発表大会予稿集, pp.72-73, 東京, 2003 年 9 月.
- [9] (財) 日本 ITU 協会, <http://www.ituaj.jp/>
- [10] (株) @IT, “Windows XP 性能評価”, <http://www.atmarkit.co.jp/fwin2k/xp.feature/index/>