

SPICE プロトコルを利用したデスクトップ画面伝送の比較評価

Evaluations for User Desktop Transmission with SPICE Protocol

久保田 真一郎*, 島本 勝*, 杉谷 賢一*, 中野 裕司*

Shin-Ichiro KUBOTA*, Masaru Shimamoto*, Kenichi Sugitani*, and Hiroshi Nakano*

熊本大学*

Kumamoto University

デスクトップ画面を伝送し、大学のキャンパスから離れた遠隔地にいるユーザが、デスクトップ環境をいつでもどこでも利用できるサービスの展開を目指している。我々は仮想 OS により学習用デスクトップを構築し、SPICE プロトコル、VNC、RDP のそれぞれによりデスクトップ画面伝送を行い、様々なネットワーク環境において比較評価を行った。それらの結果より、SPICE プロトコルを用いたデスクトップ画面上でストリーミング再生が十分可能であることを示し、教育場面において十分利用できることを示す。

キーワード：仮想 OS、SPICE、デスクトップ伝送

An our goal is to run developments of educational terminal systems which remote users can use at any-time and anywhere, transmitting user desktops. In this study, each of the user desktops is created with virtual OS. Each of the desktops being transmitted by SPICE protocol, VNC and RDP, we evaluate an availability between SPICE protocol, VNC and RDP in various kinds of networks. As a result, using the SPICE protocol, a streaming video is played on the transmitting desktop without problems, and it is useful in educational situations.

Keywords : Virtual OS, SPICE, Desktop Transmission

1. はじめに

仮想環境を巧みに利用し、ハードウェア環境やソフトウェア環境を気にすることなく利用できる SaaS, PaaS, IaaS といったサービスが近年展開されている。これらと同様に Web ブラウザを開くようにデスクトップ環境を提供するサービスの研究も進んでいる^{1)~3)}。本研究では、リモートからデスクトップを操作するためのプロトコルである SPICE プロトコル⁴⁾をとりあげ、他のデスクトップ画面の伝送プロトコルである RDP (たとえば Windows のリモートデスクトップ機能)、RFB プロトコル (たとえば VNC server) との比較を通して、われわれの大学で将来的に整備を目指す PC 環境について検討を行う。

現在、熊本大学には約 1300 台の PC が設置さ

れており、当然であるが、PC の前に座り、そのデスクトップを利用する。学内の e ラーニングを用いる科目における調査では、PC とネットワーク環境を自宅に持つ学生が多く、受講する学生の多くが自宅で学習を行っている。LMS (= Learning Management System) によりオンライン学習する場を提供したことで、学生は時間と場所を選ばない学習機会を得ることができている。この発展として、大学の講義で利用される PC 環境を自宅でも同様に利用できる環境を提供することにより、さらに学習機会を増やすことができると考えている。そこで、われわれは既存の PC 環境を自宅でも利用できるシステム構築を目指している。今回は、その主な技術となる仮想 OS 環境とデスクトップ画面の伝送プロトコルに注目する。現在、われわれの大学に整備される PC は Windows OS と Linux OS とのデュアルブート環境で構成される。また、ユーザによってソフトウェアプログラムの削除や変更が行われないように毎回起動時に PC を元の状態に戻す復元機能を持つ点が特徴的である。ソフトウェアの面では、マウスの動きに対するマ

*総合情報基盤センター

〒 860-8555 熊本市黒髪 2-39-1

Center for Multimedia and Information Technologies
2-39-1, Kurokami, Kumamoto, 860-8555, JAPAN

E-mail: kubota@cc.kumamoto-u.ac.jp

E-mail: masaru@gpo.kumamoto-u.ac.jp

E-mail: sugitani@cc.kumamoto-u.ac.jp

E-mail: nakano@cc.kumamoto-u.ac.jp

ウスカーソルの動きやキーボード入力に対するタイプ文字が画面に出力される速度，ストリーミング映像の閲覧が可能であるかの検討が必要である。次節以降にてその検証を行う。

2. 仮想 OS 環境と SPICE

SPICE プロトコルは Fedora 14⁵⁾ にパッケージとして含まれ，その用途は QEMU⁶⁾ の仮想マシンに対して高品質なリモートアクセスができることを目指している。したがって，ゲスト OS のデスクトップを伝送し，リモートからゲスト OS のデスクトップを操作する用途が主である。Linux などのサーバ OS に限らず，ゲスト OS に WindowsXP をインストールすれば，SPICE により WindowsOS のデスクトップを伝送することも可能である。また，QEMU は，カーネルベースの仮想化技術である KVM と組み合わせる利用できる。KVM は Intel VT や AMD-V などの仮想化対応 CPU の恩恵を受けることを可能にし，QEMU はほとんどの IO の仮想化を可能とするため，これらの組み合わせが注目されている^{7),8)}。今回の研究でも，仮想 OS 環境として QEMU/KVM を利用する。

仮想 OS 環境とデスクトップ画面伝送を教育用 PC 環境の構築に用いるとメンテナンス性が向上する。基本となるゲスト OS のイメージを作成し，それをテンプレートとして複数コピーを行い，同一環境のゲスト OS を展開できる。このため同じ設定の PC 環境を提供することが容易である。また，ゲスト OS のイメージをコピーするだけでバックアップが可能であり，イメージが起動しないなどのトラブルにはバックアップのイメージを利用して容易に復旧できる。

仮想 OS 環境とデスクトップ画面伝送を教育用 PC 環境の構築に用いるとデュアルブートに対応できる。それぞれの OS をゲスト OS として準備し，それぞれのデスクトップがネットワーク経由で伝送されることで，使いたいときに使いたい OS を利用できるようになる。また，これまでデュアルブートであるためにそれぞれの OS を同時利用できなかったが，同時に両方の OS を利用することもできる。

仮想 OS 環境とデスクトップ画面伝送を教育用

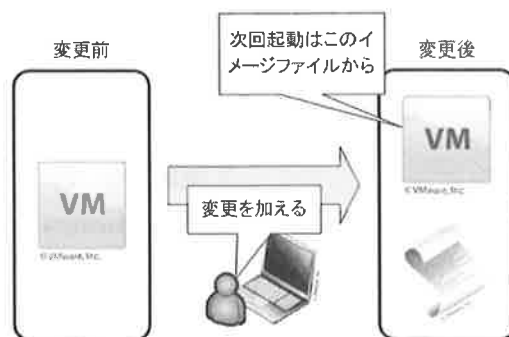


図 1 スナップショット機能による OS の復元

PC 環境の構築に用いると復元機能に対応できる。QEMU のスナップショット機能の利用によりゲスト OS を起動時の状態に復元できる。本来，スナップショット機能は，ゲスト OS 上のユーザによる変更を仮想イメージのファイルとは別ファイルに保存する機能で，メンテナンスのために利用される。教育用 PC 環境の構築では，この機能を復元機能として利用する。すなわち，図 1 にあるように，ユーザがゲスト OS 上でアプリケーションを利用して様々な編集作業を行ったとしても，それらの編集作業による変更はひとつのファイルに保存され，もとの仮想イメージファイルの中は一切変更されない。次回起動時には元の仮想イメージファイルから起動する設定を行うことで，復元機能を実現する。

仮想 OS 環境とデスクトップ画面伝送を教育用 PC 環境の構築に用いることでメンテナンス性の向上，デュアルブートと復元機能の実現が可能となる。これら仮想環境の利点を活用するためにも，デスクトップ画面の伝送技術は重要である。仮想 OS 環境のゲスト OS を GUI で操作するために用いられる VNC は QEMU で既に利用でき，仮想イメージを起動する際の起動オプションとして「-vnc」を指定するのみである。SPICE サーバ等必要なシステムがインストール済みであれば，SPICE プロトコルも VNC と同様に仮想イメージの起動オプションに「-spice」を指定することで利用できる。このように VNC と SPICE については，起動オプションで指定することでホストサーバがデスクトップ画面を伝送するサーバとなる。このため，SPICE と VNC であればデスクトップ画面伝送のためのネットワークとゲスト OS が使用するネットワークを物

理的に切り離し運用することができる。物理的に切り離すことによって、ゲスト OS 上のユーザ操作によって発生する通信がデスクトップ画面伝送に影響を与えることはない。一方で、RDP の場合、ゲスト OS 自身がデスクトップ画面を送るサービスを行うため、デスクトップ画面伝送を行う通信とゲスト OS 上のユーザ操作によって発生する通信を分離できない。RDP による運用では、ゲスト OS の通信がデスクトップ画面伝送の通信に影響を及ぼす可能性がある。

3. 使用感評価とその実験環境

本研究では、教育用 PC の代替として SPICE プロトコルによるデスクトップ画面伝送を評価するために、以下の点について使用感評価を行う。それぞれ評価項目 1, 評価項目 2, 評価項目 3 とする。

- マウスの動きに対する伝送画面上でのマウスカーソルの動き (評価項目 1)
- 伝送画面上でのストリーミング動画画像のスムーズさ (評価項目 2)
- 伝送画面上で再生されるストリーミング動画の音声のスムーズさ (評価項目 3)

また、比較のために RDP, VNC についても同様の使用感評価を行う。

3.1 実験環境

これらの使用感評価を行うために、Intel VT 対応の Core i7 の PC を仮想 OS 環境のサーバ (表 1) とし、ホスト OS に Fedora 14, その上にゲスト OS として Windows XP SP3 を動作させ、そのゲスト OS のデスクトップ画面を表 2 の評価用 PC で受ける。サーバは 2 つのネットワークポートを持ち、1 つはゲスト OS のネットワー

クとして学内 LAN へ直接接続し、1 つはホスト OS のネットワークとしてプライベートネットワークへ接続している。これはデスクトップ画面伝送で使用される通信とゲスト OS で使用される通信を分けるためのものである。

今回のゲスト OS のイメージ起動にはいくつかの特徴的なオプションを用いている。前節で述べたように教育用 PC の復元機能を実現するために、「-snapshot」によるスナップショット機能を利用している。また、QEMU による仮想化の場合、初期のネットワークカードが 1000BASE-T 対応ではないので、

「-net nic,model="e1000"」により 1000BASE-T 対応のネットワークカードを仮想的に利用できるようにしている。

様々なネットワーク環境で利用されることを想定し、さらに評価用 PC を図 2 にある環境 1 から環境 5 の様々なネットワーク環境において使用感評価を行う。環境 1 では、同一スイッチングハブ配下にホストサーバと評価用 PC を接続した。環境 2 では、学内 LAN に接続した場合を想定し、ホストサーバはそのままに評価用 PC は学内 LAN で認証を必要とするネットワークに接続した。環境 3 では、環境 2 を無線通信で利用する学内無線 LAN に接続した。環境 4 では、民間サービスプロバイダが提供するネットワークに評価用 PC を有線接続した。環境 5 では、さらに過酷な通信状況を想定し、3G 携帯電話網へ接続するブリッジルータへ無線 LAN 経由で接続した。

各ネットワーク環境を相対的に比較するために、それぞれの環境において仮想サーバまでの ICMP パケットによる応答時間と通信経路中のホップ数を測定した。応答時間測定には GNU

表 1 仮想環境を構築したサーバ

メーカー・型番	パソコン工房・BTO MT907iCi7
OS	Fedora 14 デスクトップ版 64bit
CPU	Intel Core i7 940(2.93 GHz)
L2 キャッシュ	8MB
チップセット	Intel X58 Express
メモリ	12 GB
ハードディスク	160 GB(SATA, SSD)
LAN1	1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T
LAN2	1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T

表 2 クライアント PC

メーカー・型番	Dell・Vostro1400
OS	Microsoft Windows XP Professional SP3
CPU	Intel Core2 Duo T7250(2.0 GHz)
L2 キャッシュ	4MB
チップセット	Intel 865G
FSB/メモリバス	533 MHz/ 333 MHz
メモリ	2.0 GB (うち最大 320MB をビデオメモリとして利用)
ハードディスク	120 GB(SATA, 5400rpm)
LAN	100BASE-TX/10BASE-T
無線	Intel PRO/Wireless 3946abg

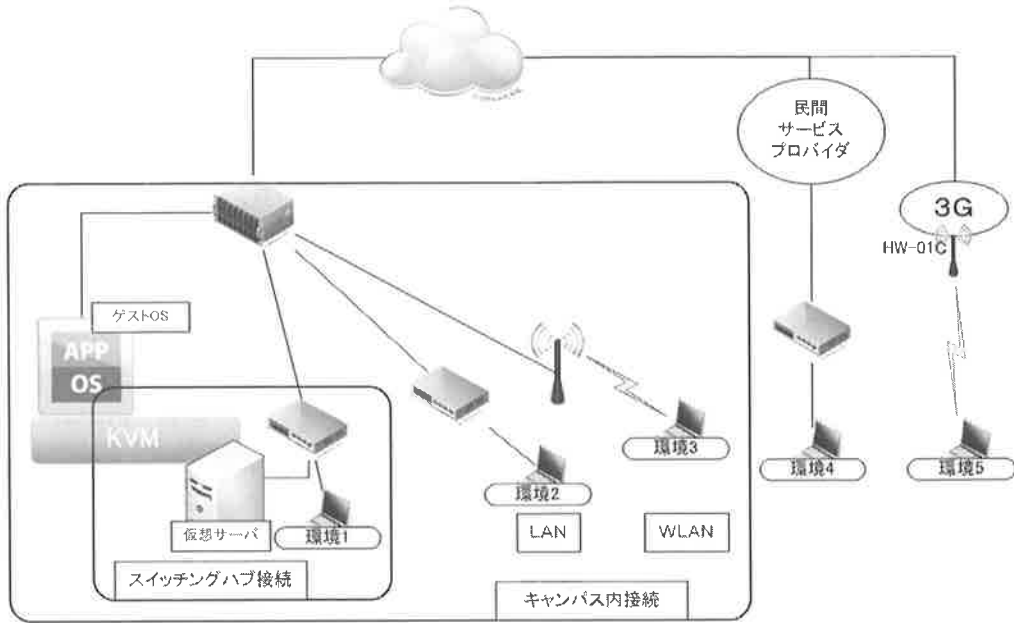


図 2 評価のための各ネットワーク環境

GPL で公開される「True Ping」⁹⁾ を用い、25 回送信し測定を行った。通信経路中のホップ数測定には WindowsOS 付属の tracert コマンドを用いた。応答時間の平均とその標準偏差、そしてホストサーバまでのホップ数を表 3 に示す。

表 3 にあるように、環境 1、環境 2 は非常に安定していることがわかる。環境 3 は学内 LAN ではあるが、その標準偏差の値が環境 1 や環境 2 と比べて大きくなり、応答時間にばらつきがあることがわかる。これは無線 LAN を利用しているためと考えられる。環境 4 の民間サービスプロバイダ経由の通信では、ホップ数が大きくなり、応答時間の平均は学内 LAN を利用した場合に比べて応答時間が大きくなっている。ただし、有線環境であるため、そのばらつきは小さい。環境 5 の 3G 携帯電話網を利用したネットワークの場合、どの環境と比べても応答時間が大きく、標準偏差も大きいため、他のネットワーク環境に比べてネットワークが不安定で通信容量も適切に確保できていないことがわかる。

使用感評価は、伝送されるデスクトップ画面を評価用 PC で受信する操作を 10 回繰り返し、その都度マウスを画面の 4 隅へ素早く動かす動作と YouTube で配信される 30 秒程度の特定の動画を再生するまでの操作により評価項目 1、評価項目 2、評価項目 3 を評価する。評価の際には、評価用 PC 上で同様のマウス操作および動画再生を行った場合の動作（以降、ローカルでの動作）と比較している。表 4、表 5、表 6、表 7、表 8 に、各ネットワーク環境におけるデスクトップ伝送 (SPICE, VNC, RDP) のそれぞれの結果について示す。表の数値は各評価項目について 5 段階評価を行い、「5」を「とても良好」、「1」を「とても悪い」として行ったものである。また、実験の際に気づいた点についてコメントをつけた。

3.2 考察

環境 1 および環境 2 で、SPICE と RDP は十分実用的な動作であるが、VNC については音声伝送されず、動画についても違和感があるなど実用性に欠ける。最も良いネットワーク環境である環境 1 や環境 2 において VNC の使用感は悪く、環境 3 から環境 5 にネットワーク環境が過酷になるに従って、その使用感はさらに悪くなっている。

表 3 評価に利用した各ネットワーク環境

環境	応答時間の平均 [ミリ秒] (パケットロス率 [%])	標準偏差	ホップ数
環境 1	0.32(0)	0.09	0
環境 2	1.24(0)	0.27	3
環境 3	5.38(0)	3.32	3
環境 4	56.29(0)	0.96	20
環境 5	565.58(8)	98.86	18

SPICE と RDP を比較すると、環境2で動画再生に違いが見られる。SPICE の場合には1秒未満の画像停止が低い頻度で起こり、RDP の場合には数秒間隔で定期的に1秒未満の画像停止が起こっており、RDP に比べて SPICE の方が動画再生を行う点において優れている。

環境3において特徴的なのは、ストリーミング動画の視聴に大きな影響はないが、ネットワーク環境の悪化に比して SPICE と RDP の1秒未満の画像停止の頻度が増えており、音声途切れの頻度も増えている。特に音声については、RDP は常に音声の途切れが入る状態であった。

環境4では、これまでの差が顕著に表れる。動画再生に関して、RDP はパネルが入れ替わるように左上から右下へ画像が変わり、SPICE は画像全体が2秒程度停止するという現象が見られた。特にこれまで音声については SPICE と RDP でそれほど明確な差はなかったが、環境4ではローカルでの再生に比べて音質が劣るが、SPICE は音の途切れはなく、RDP は常に音の途切れが入る状態であった。環境3と環境4の結果から音声についても SPICE の方が優れている。

環境3と環境4の SPICE の評価項目3を比較すると、音質は環境3の方が良いが、環境3では再生直後の音声途切れが起こり、環境4では音の途切れはなかった。無線 LAN のように電波強度が時々刻々と変化する通信環境では、ストリーミング動画の視聴に支障をきたす場合があると予想される。

環境5はどのプロトコルにとっても過酷な環境であった。

SPICE ではストリーミングを行っている最中に上下へ画面をスクロールするなどのウィンドウ操作により音声に影響がでることがわかった。この現象はすべての環境で起きており、今後の更新により改善されることを期待する。

4. まとめ

教育用 PC の代替として SPICE プロトコルによるデスクトップ画面伝送を評価するために、SPICE, RDP, VNC の各デスクトップ伝送技

表4 環境1：スイッチングハブ配下の環境

	SPICE	VNC	RDP
評価項目1	5	5	5
評価項目2	5	4 /1秒未満の間隔でコマ送りしているような違和感がある	5 /多少の違和感がある
評価項目3	5 /スクロール操作による音声切れ	n/a /音はならない	5

表5 環境2：学内 LAN

	SPICE	VNC	RDP
評価項目1	5	5	5
評価項目2	5 /10回中1回、1秒未満の画像停止	3 /約2cm四方の画像が切り替わるような違和感	5 /多少の違和感がある
評価項目3	5 /スクロール操作による音声切れ	n/a /音はならない	5

表6 環境3：学内無線 LAN

	SPICE	VNC	RDP
評価項目1	5	4 /クリックに難あり	5
評価項目2	5 /10回中3回、1秒未満の画像停止	2 /約2cm四方の画像が切り替わる	4 /数秒間隔で定期的に1秒未満の画像停止 /10回のうち2回、再生直後に動画が完全に停止
評価項目3	5 /まれに再生直後の音声途切れ/スクロール操作による音声途切れ	n/a /音はならない	4 /すべての再生において、1秒未満の音声の途切れが数回

表7 環境4：民間サービスプロバイダ網経由有線接続

	SPICE	VNC	RDP
評価項目1	5	4 /マウスカーソルがときどき静止する/クリックに難あり	5 /ウィンドウの移動に違和感
評価項目2	4 /3回ほど2秒程度画像が停止	1 /動画再生できていない	3 /再生すると約1cm四方の画像が左上から右下へ向かって切り替わる
評価項目3	4 /音質に変化/ /スクロール操作による音声途切れ	n/a /音はならない	3 /音質に変化/操作による音声途切れ/操作がなくとも音声は2から3回程度途切れる

表8 環境5：3G 携帯電話網経由無線接続

	SPICE	VNC	RDP
評価項目1	4 /マウスカーソルによる操作は1秒未満程度の遅れを感じる	1 /マウスカーソルが頻りに静止する	4 /マウスカーソルによる操作は1秒未満程度の遅れを感じる
評価項目2	2 /コマ送りのように再生され、音を追いかけるように表示される	1 /動画再生できていない	2 /再生すると約1cm四方の画像が左上から右下へ向かって切り替わる
評価項目3	2 /音質に変化/操作による音声途切れ	n/a /音はならない	2 /音質に変化/操作による音声途切れ/操作がなくとも音声は頻りに途切れる

術について様々なネットワーク環境下で、評価項目1、評価項目2、評価項目3の使用感評価を行った。

- マウスの動きに対する伝送画面上でのマウスカーソルの動き（評価項目1）
- 伝送画面上でのストリーミング動画画像

のスムーズさ (評価項目 2)

- 伝送画面上で再生されるストリーミング
動画の音声のスムーズさ (評価項目 3)

環境 1 から環境 3 は学内 LAN を用いるケースで、環境 3 では無線 LAN の影響は無視できないが、SPICE と RDP によるデスクトップ伝送であれば目の前の PC を操作している感覚と同等程度の感覚で伝送されてくるデスクトップを利用することができるかと判断できた。システム構築を行うことを考えるとネットワークポートを物理的に分離して運用できる SPICE を選択することになるだろう。そこで、特に SPICE の評価について注目すると、無線 LAN 環境の影響は無視できないが、動画や音声を利用しないアプリケーションは十分利用できるかと判断している。また、自宅での利用を想定した環境 4 であったが、評価項目 2 および 3 について問題を含み、しかし、環境 4 であっても評価項目 1 については十分実用的なレベルであると判断でき、動画や音声を利用しないアプリケーションは十分利用できるかと判断している。

SPICE プロトコルによりゲスト OS のデスクトップ画面を伝送し、講義等で利用するパソコン環境を構築可能であることを示し、ストリーミング再生を必要とするような教育場面においても十分利用できることを示した。

無線 LAN 通信のようにその応答時間にばらつきがある場合には、動画像の停止や音声の途切れが起こるため、SPICE により伝送されるデスクトップは PC のデスクトップ環境に劣る。PC のデスクトップ環境と同程度の環境を要求する場合には、有線ネットワーク環境において構築するべきである。

今後は、この結果をもとに複数台で構成される教育用 PC 環境を構築することを目指す。また、仮想 OS を利用することで、様々な種類のゲスト OS のイメージを準備できる点から、ユーザの多様化へ対応できるようユーザアダプティブなデスクトップ環境の提供についても検討を行いたい。これにより、自分の PC デスクトップをいつでもどこでも利用できるサービスが実現されると考える。

参考文献

- (1) Mladen Vouk, Andy Rindos, Sam Averitt, John Bass, Michael Bugaev, Aaron Peeler, Henry Schaffer, Eric Sills, Sarah Stein, Jos, "Using VCL technology to implement distributed reconfigurable data centers and computational services for educational institutions", IBM J. RES. & DEV. VOL. 53 NO. 4, pp. 2:1-18, 2009.
- (2) Mladen Vouk, Sam Averitt, Michael Bugaev, Andy Kurth, Aaron Peeler, Henry Schaffer, Eric Sills, Sarah Stein, Josh Thompson, "Powered by VCL - Using Virtual Computing Laboratory (VCL)", Proc. 2nd International Conference on Virtual Computing (ICVCI), RTP, NC, pp 1-10, 2008.
- (3) 梶田将司, "アカデミッククラウド環境: 大学の情報化における新たなパラダイム", 放送大学 ICT 活用・遠隔教育センター「メディア教育研究」, Vol.7, No.1, pp.S9-S18, 2010.
- (4) <http://www.spice-space.org>
- (5) <http://fedoraproject.org>
- (6) http://wiki.qemu.org/Main_Page
- (7) http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page
- (8) Irfan Habib, "Virtualization with KVM", Linux Journal, Volume 2008 Issue 166, February 2008.
- (9) <http://sourceforge.net/projects/tping/>

著者略歴



久保田真一郎 熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。博士(理学)。鹿児島大学学術情報基盤センター事務職員、同センター技術職員を経て、2007年より熊本大学総合情報基盤センター助教。同大学社会文化科学研究科教授システム学専攻専任教員。

島本勝 八代工業高校機械科卒業。熊本大学工学部生産機械工学科文部技官として1986年4月1日採用、1990年より(現所属の前身である)総合情報処理センター技術職員を経て、2003年より(現職の)総合情報基盤センター技術専門職員。

杉谷賢一 1984年熊本大学工学研究科電子工学専攻修士課程終了後、熊本大学工学部情報工学科助手。1994年熊本大学総合情報処理センター助教を経て、2005年より熊本大学総合情報基盤センター教授。自然科学研究科情報電気電子工学専攻兼任、eラーニング推進機構兼務。

中野裕司 1987年九州大学大学院修了(理学博士)後、名古屋大学教養部・情報文化学部勤務を経て、2002年より熊本大学総合情報基盤センター教授。同大学社会文化科学研究科教授システム学専攻専任、自然科学研究科情報電気電子工学専攻兼任、eラーニング推進機構兼務。

(2011年03月04日原稿受付)
(2011年04月25日採録決定)