

利用上の注意事項:

ここに掲載した著作物の利用に関する注意 本著作物の著作権は情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。

Notice for the use of this material The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof.

All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.

Comments are welcome. Mail to address [editj@ipsj.or.jp](mailto:editj@ipsj.or.jp), please.

## 仮想化デスクトップを用いた e ラーニング ～通信環境と端末が及ぼす影響

中澤 真<sup>†</sup>      小泉 大城<sup>‡</sup>      梅澤 克之\*      平澤 茂一<sup>‡</sup>  
 会津大学<sup>†</sup>      サイバー大学<sup>‡</sup>      (株)日立製作所\*      サイバー大学<sup>‡</sup>  
 短期大学部      IT 総合学部      横浜研究所      IT 総合学部

## 1. はじめに

サーバ上のデスクトップ環境をネットワーク経由で遠隔操作することを可能にするクラウド技術の一つ仮想化デスクトップサービス(DaaS)を用いた e ラーニングでは、学習者にいつでも、どこでも同じ学習環境を提供することが可能になる。とくに、学習や作業を中断しても異なる端末から同じ状態で再開できるため、すきま時間を利用した学習にも適している点、学習者が作成したデータを集約して扱える点、PC やスマートフォンといった端末環境に左右されることなく共通のアプリケーションソフトウェアが利用できる点など、e ラーニング環境を構築するのに適した利点を数多く持っている。

しかしながら、サーバ側で構築された仮想化デスクトップ環境の画面を画面転送プロトコルによって転送するため、通信環境によって操作性や画面表示の品質が大きく左右されてしまうという課題もある[1][2]。これに対し、著者らは通信品質が仮想化デスクトップ上の e ラーニング環境に与える影響を明確にすることに取り組んできた[3]。

本研究では、学生が仮想化デスクトップを用いて e ラーニングに取り組む場合の学習環境が通信品質が与える影響について、帯域やパケット遅延だけでなく、パケット損失やジッタを通信品質のパラメータとして実証実験する。また、端末の種類の影響について、PC とタブレット型端末とを比較・検証し、これらの影響について、主観評価および客観評価を用いて考察する。

## 2. ネットワークエミュレータを用いた実証実験

## 2.1 実験方法

本研究では ICA プロトコルを使用している Citrix Systems Japan の XenDesktop および XenServer により仮想化デスクトップを構築し、ネットワークエミュレータで作り出した通信品質環境を介して、10 人の被験者に仮想化デスクトップ上で学習時に想定される PC 上の操作を行わせた(図 1)。この実証実験では帯域、遅延、損失、ジッタを通信パラメータとした。また、被験者に取り組ませた操作は以下の通りである。

- ・タイピングソフトを用いた平仮名入力

- ・ Word を用いた文書作成
- ・ PowerPoint を用いた作成
- ・ Web 上のフォーム入力

被験者の操作に対し、客観評価として実際に要した作業時間の平均値を評価項目として用いることとし、主観評価には操作感・使用感について被験者が 5 段階評価 で回答した MOS<sup>1</sup>を用いた。この結果に基づき通信環境が仮想化デスクトップ上のユーザビリティに与える影響について考察する。

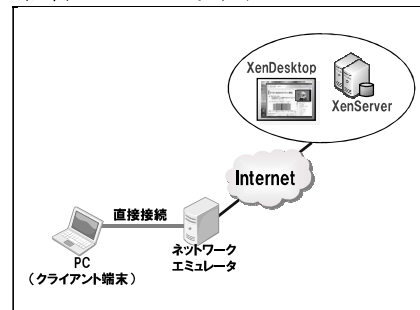


図 1: 実証実験の構成図

## 2.2 実験結果

まず、パケットの往復遅延時間だが、図 2 に示したようにタイピングソフトによる平仮名の文字入力速度に大きく影響を与えることが明らかとなった。これは、キーボードによる文字入力だけでなく、マウスを用いた各種操作でも同様の傾向が示された。これに対し、通信帯域は作業環境にほとんど影響を及ぼさない。図 3 に示したように、100kbps ほどの低帯域であっても十分に各種作業をすることが確認できた。図 4 は 5 択のラジオボタンを 12 セット用意し、それぞれ指定されたラジオボタンをすべて選択するのに要した作業時間を客観評価値としてグラフ化したものだが、ここから通信帯域が作業環境に与える影響が少ないことが読み取れる。

次にパケット損失が及ぼす影響についてだが、文字入力作業では損失確率の増加とともに文字入力速度遅くなり、25%を超えると急激に操作性が悪化する(図 5)。図 6 は被験者に PowerPoint2007 を用いて、グリッド線に合わせて 12 個の正方形を指定の位置に描かせる作業に要した時間を示したものであるが、このような細かい操作を必要とするものは損失確率が 15%を超えた時点で、既に通常時の倍の作業時間が必要となってしまうことが明らかとなった。

<sup>1</sup> Mean Opinion Score

最後にジッタについてだが、ガウス分布による様々な分散値での実験を試みたが、他の通信品質パラメータのような明確な影響は示されなかった。

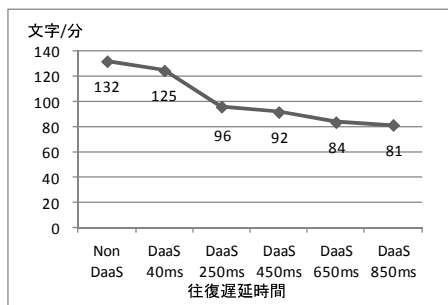


図2:伝送遅延が平仮名入力速度に及ぼす影響

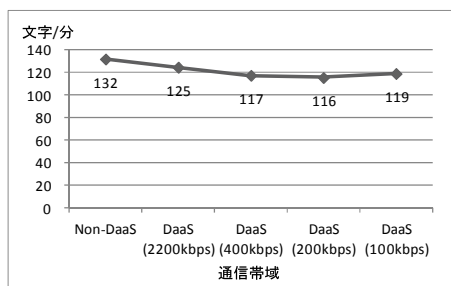


図3:通信帯域が平仮名入力速度に及ぼす影響

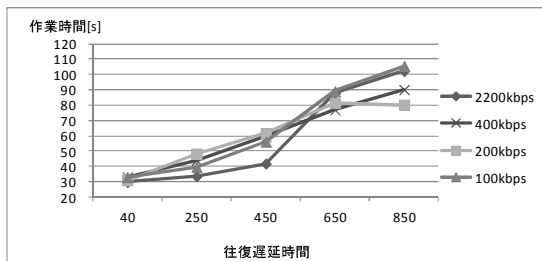


図4:遅延と帯域がWeb入力操作に及ぼす影響

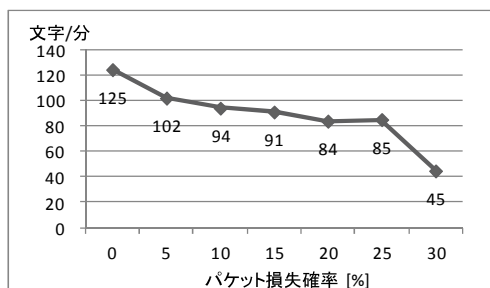


図5:パケット損失が平仮名入力作業に与える影響

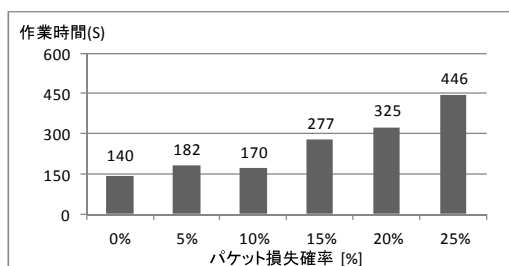


図6:パケット損失が作図作業時間に与える影響

一方、通信端末の種類が及ぼす影響については、十分な帯域と遅延、損失がほとんど生じない通信環境上で、ノート PC を利用した場合と Apple 社のタブレット端末 iPad2 を用いた場合で比較した。この結果を図 7 に示す。

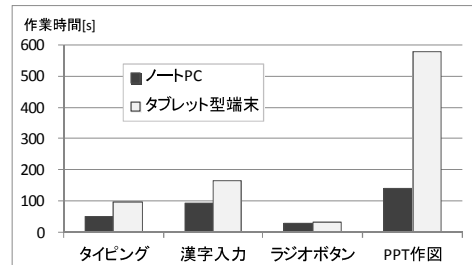


図7:端末の種類が各種作業に与える影響<sup>2</sup>

### 3. 考察とまとめ

文字入力やマウス操作などのリアルタイムの応答性を必要とする作業は伝送遅延の影響を強く受けることが明らかとなった。これは主観評価でも同様であり、図 8 に示したように文書作成作業は低帯域でも問題ないが、往復遅延時間が 300ms を超えるとユーザは通常以上の努力が必要となる。伝送遅延が大きな通信環境の場合、レポート作成などの編集作業は難しく、スライドコンテンツの視聴などに限定される場面が増えてしまうだろう。一方、タブレット型端末で Windows インターフェースの操作をすることはユーザビリティの点でまだ多くの課題があり、マルチデバイスに対応した e ラーニング環境では視聴と Web 入力フォームを中心としたシンプルなインターフェースが求められる。

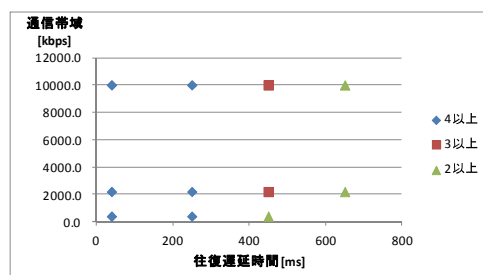


図8:快適な文書作成作業ができる通信環境の範囲

### 謝辞

本研究の一部は、独立行政法人日本学術振興会学術研究助成基金助成金(基盤研究(C), 課題番号: 23501178)の助成による。

### 参考文献

- [1] 清野克行,「仮想化の基本と技術」, 翔泳社, 2011
- [2] 日経BP編,「すべてわかる仮想化大全2011」, 日経BP社, 2010
- [3] 中澤真 他, “ 仮想化デスクトップによるeラーニングシステムにおける通信品質が与える影響について,” 日本e-Learning学会2011年度学術講演会, セッションIX, 2011

<sup>2</sup> タイピングは平仮名を、漢字入力は漢字変換を必要とする文章を 100 文字分入力するのに要した時間を表す。