

PDF 貼付ソフトウェアを用いた 大学キャンパス用電子掲示板の開発及び評価

木村 敏幸^{1,2}

概要：これまでの大学キャンパス用電子掲示板は、目的の掲示物から必要な情報を素早く入手できること（視認性）と、簡単に掲示物を貼れること（貼付操作性）をどちらも満たしていない。本論文では、視認性と貼付操作性をともに満たす大学キャンパス用電子掲示板を実現するために、PDF ファイルを大画面ディスプレイ上の好きな位置に貼り付け、見た目を紙掲示板と同等にする電子掲示板を提案する。提案した電子掲示板の視認性を評価したところ、従来の電子掲示板や紙掲示板と同等であることが分かった。また、提案した電子掲示板の貼付操作性を評価したところ、従来のプレゼンテーションソフトウェアよりも速く掲示物を貼ることができることが分かった。

キーワード：電子掲示板, 大学キャンパス, 視認性, 貼付操作性

Development and Evaluation of Electronic Bulletin Board for University Campus Using PDF-Pasting Software

TOSHIYUKI KIMURA^{1,2}

Abstract: Conventional electronic bulletin boards for university campus do not satisfy both the visibility defines that user can quickly get necessary information from objective posters and the pasting operability defines that user can easily paste posters. In this paper, to realize the electronic bulletin board for university campus in which both the visibility and the pasting operability are satisfied, the electronic bulletin board, in which PDF files can be pasted in the free position on large-screen display, is proposed. The appearance of the proposed electronic bulletin board is equal to that of a paper bulletin board. According to the evaluation of the visibility of the proposed electronic bulletin board, it was indicated that the visibility of the proposed electronic bulletin board was equal to that of a conventional electronic bulletin board and a paper bulletin board. According to the evaluation of the pasting operability of the proposed electronic bulletin board, it was shown that the pasting speed of the proposed electronic bulletin board was quicker than that of a conventional presentation software.

Keywords: Electronic Bulletin Board, University Campus, Visibility, Pasting Operability

1. はじめに

デジタルサイネージとは、屋外・店頭・公共機関・交通機関など、家庭以外のあらゆる場所で、ディスプレイなどの電子的な表示機器を使って情報を発信するシステムのことである [1]。デジタルサイネージの国内市場は 2017 年は前年比 115.4% の 1,659 億円であり、2025 年には 2017 年比 2.2 倍の 3,168 億円になることが予測されている [2]。

そのような中、デジタルサイネージが大学のキャンパス掲示板として利用され始めている。これにより、休講や講義室の変更といった情報をその都度掲示することや、期限が切れて掲示の必要がなくなった情報の配信を自動的に停止することや、緊急時に災害情報の掲示に瞬時に切り替えることが容易に実現できる。また、ネットワークに接続することで、これ

¹ 東北学院大学データサイエンス研究所

² 東北学院大学情報学部データサイエンス学科

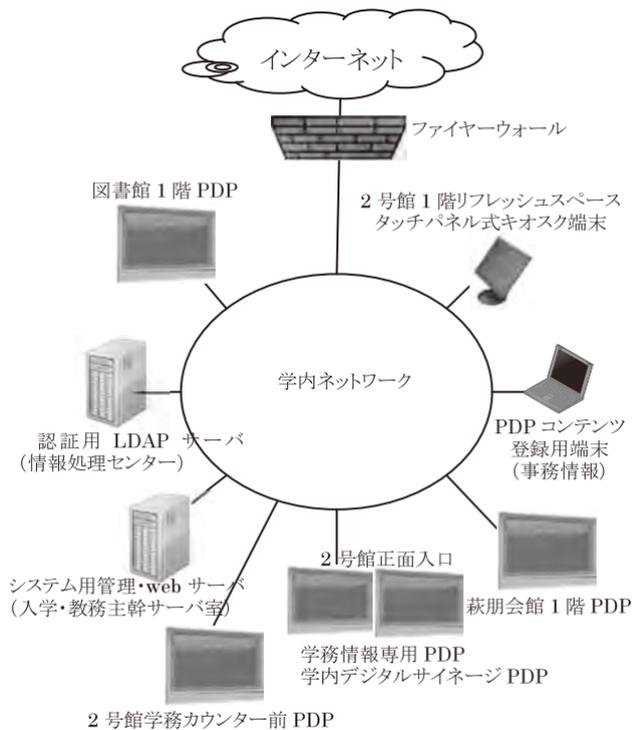


図 1 大画面ディスプレイを用いたキャンパス用電子掲示板（宮城教育大学）[3]



図 2 「ボードマン」を用いたキャンパス用電子掲示板（富山大学）[4]

らの情報を家にいながら PC やスマートフォンで閲覧することも可能になる。

これまでにデジタルサイネージを大学のキャンパス用電子掲示板に利用してきた例を 2 つ取り上げる。宮城教育大学では 2011 年よりネットワークを通じた広報および学務情報の電子配信を実施している [3]。この電子配信システムでは、図 1 に示すように、大画面ディスプレイに PowerPoint のスライドや Web ページを一定の時間間隔で切り替えて掲示している。そのため、電子掲示板を見る人が必要な情報を確認するためには必要な情報に関する掲示物が表示されるまで待たなければいけないため、タイミングが合わなければ必要な情報を確認するのに非常に長い時間がかかってしまう。

また、富山大学では、図 2 に示すように、内田洋行のボードマンを用いて小型ディスプレイに PDF ファイルを貼り付けた電子掲示板を実施し、情報発信の場として用いられている [4]。しかしながら、この電子掲示板は専用のソフトウェアを使用して掲示物を編集するので、ソフトウェアの習熟に非常に時間がかかることから、誰でも簡単に掲示物を作成して掲示をすることができない。また、レイアウトが固定されており、ディスプレイ上の好きな位置に掲示物を貼り付けることができないので、一つの画面上に表示できる掲示物の量にも限界がある。

以上の例から、これまでの大学キャンパス用電子掲示板には 2 種類の問題点があると言える。一つは、目的の掲示物から必要な情報を素早く入手できるか（以降このことを「視認性」と呼ぶ）である。富山大学の電子掲示板はすべての掲示物を同時に閲覧することができるため、視認性を満たしていると言えるが、宮城教育大学の電子掲示板は目的の掲示物が表示されるまで待つ必要があるため、視認性を満たしているとは言えない。

もう一つは、簡単に掲示物を貼ることができるか（以降このことを「貼付操作性」と呼ぶ）である。宮城教育大学の電子

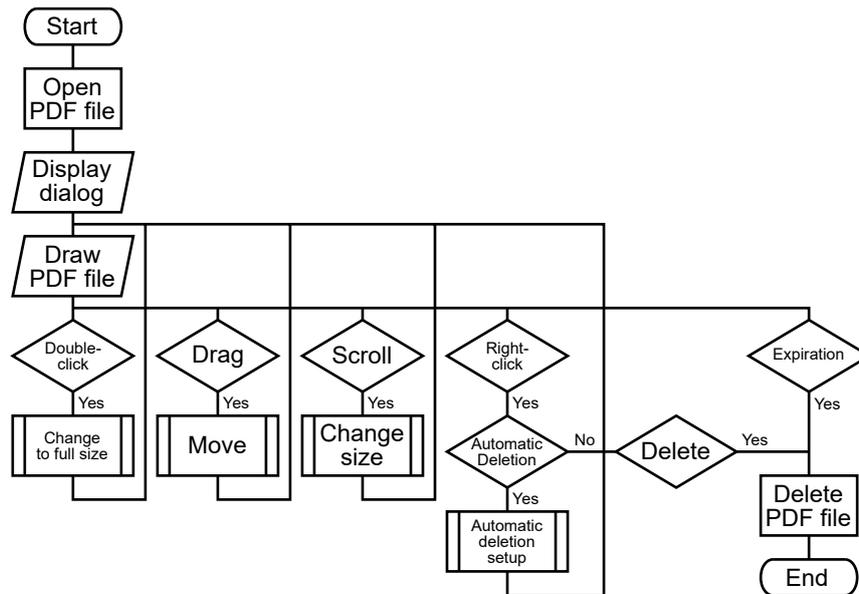


図 3 開発したソフトウェアのプログラムフローチャート

掲示板は PowerPoint のようなプレゼンテーションソフトウェアが使えれば良いため、貼付操作性を満たしていると言えるが、富山大学の電子掲示板は編集方法が独特であるため、貼付操作性を満たしているとは言えない。従って、これまでに視認性と貼付操作性がともに満たされている電子掲示板は存在しないと言える。

これらの問題点を解決するために、従来の紙掲示板に着目する。従来の紙掲示板はすべての掲示物を同時に閲覧することができるし、印刷した紙掲示物を貼るだけで良いので、視認性と貼付操作性がともに満たされている。従って、紙掲示板をそのまま電子化することを目指し、掲示物を紙へ印刷する代わりに PDF ファイルへ出力すれば、視認性と貼付操作性をともに満たす電子掲示板が実現されると考えられる。

そこで、PDF 貼付ソフトウェアを用いた電子掲示板を提案する [5]。提案する電子掲示板では、掲示物を大画面ディスプレイ上の好きな位置に貼り付け、見た目を紙掲示板と同等にすることができるので、視認性が満たされると期待される。また、紙掲示板と同様に、PDF ファイルを大画面ディスプレイ上に付箋のように貼り付けるので、貼付操作性が満たされると期待される。

本論文の構成は以下ようになる。デジタルサイネージ用のソフトウェアはこれまでもいくつか開発されているが、PDF ファイルに対応していなかったり [6], [7], [8], PDF ファイルに対応していても表示サイズの初期値が固定されているため [9], 複数の PDF ファイルをそのままの大きさに貼り付けることができるソフトウェアは存在しなかった。そこで、第 2 章では提案する電子掲示板を実現するために新たに開発した PDF 貼付ソフトウェアの開発環境と使用手順について述べる。

デジタルサイネージによる電子掲示板に関するこれまでの研究としては、石川らが名古屋大学の学内サイネージを調査し、活用法を提案しているが [10], 電子掲示板の効果を研究した事例はなかった。また、紙媒体と電子媒体を比較したこれまでの研究としては、書籍や写真集からの探索 [11] や校正作業 [12] のようにある程度時間を要するタスクを用いた実験は行われているが、掲示板のように短時間で内容を確認するタスクを用いた実験は行われていない。そこで、第 3 章では大学のキャンパス掲示板での実装を想定した評価実験を実施し、必要な情報を入手するまでに要した作業時間を計測することで、提案した電子掲示板の視認性を従来の電子掲示板や紙掲示板と比較する。

また、提案した電子掲示板と同じ視認性を持つ電子掲示板は、PowerPoint のような従来のプレゼンテーションソフトウェアでスライドに PDF ファイルを貼り付けることでも実装が可能である。そこで、第 4 章では大学のキャンパス掲示板での掲示物の貼り付けを想定した評価実験を実施し、掲示物の貼り付けに要する作業時間を計測することで、提案した電子掲示板の貼付操作性を従来のプレゼンテーションソフトウェアと比較する。

2. PDF 貼付ソフトウェア

2.1 開発環境

開発した PDF 貼付ソフトウェアのフローチャートを図 3 に示す。大画面ディスプレイには 4K (3840 × 2160) 解像度の

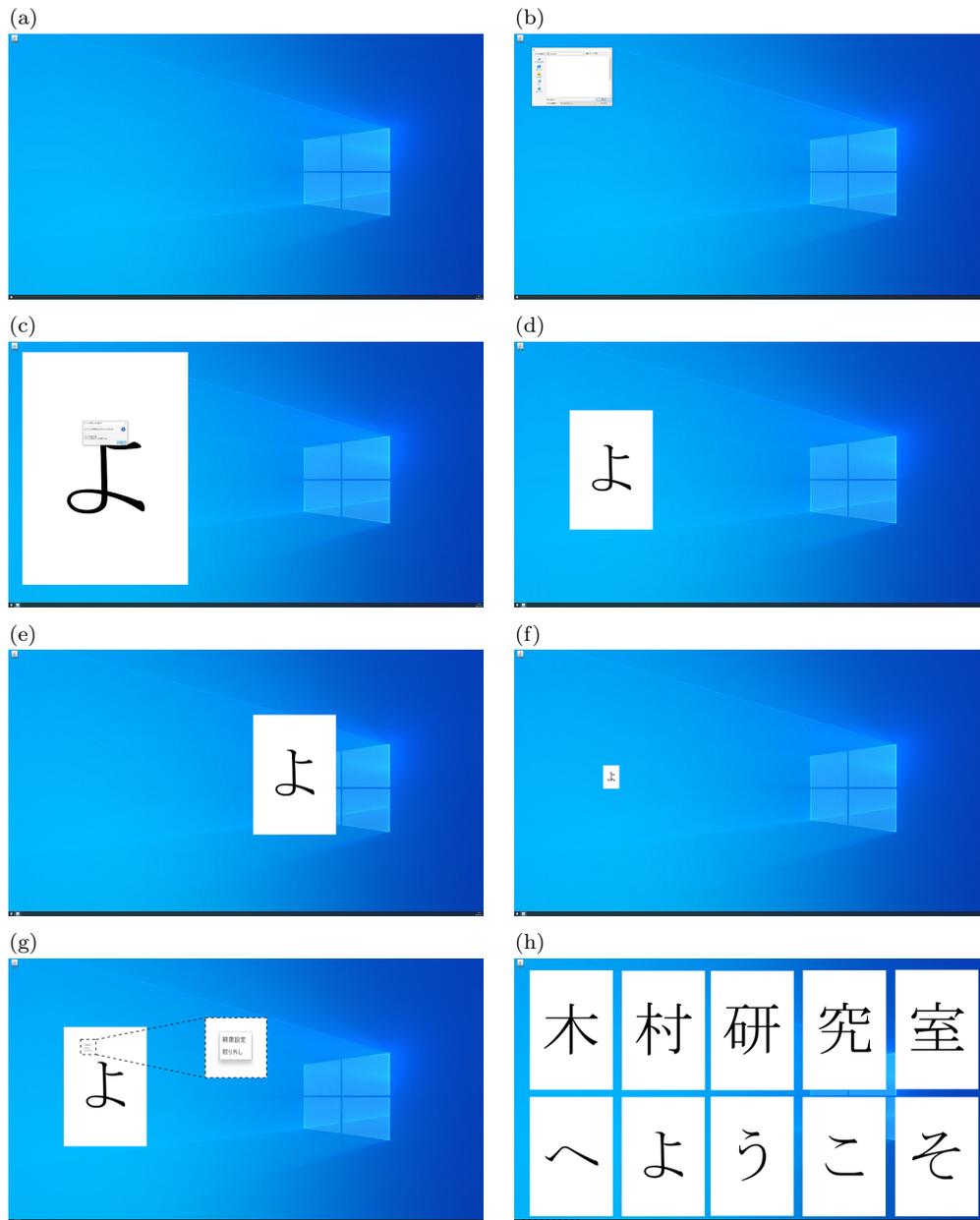


図 4 開発したソフトウェアによる使用手順

55 インチテレビ (SONY KJ-55X93500) を使用した。プログラミング言語には Java と JavaFX を使用し、GUI ツールには JavaFX Scene Builder [13] を使用した。PDF ファイルを画像に変換する Java ライブラリには PDFBox [14] を使用した。統合開発環境には NetBeans IDE 8.1 を使用した。

2.2 使用手順

開発した PDF 貼付ソフトウェアの使用手順を以下に示す。まず、図 4(a) に示すように、デスクトップ上にあるアイコンをダブルクリックし、ソフトウェアを起動する。次に、図 4(b) に示すようにファイル選択ダイアログが表示されるので、ダイアログ内で貼り付ける PDF ファイルを選択し、「開く」ボタンをクリックする。その結果、図 4(c) に示すように、PDF ファイルがディスプレイ上に実物大の 2 倍の大きさに貼り付けられる。その際、注意を促すダイアログが表示される。

貼り付け後の操作は全部で 4 種類用意している。1 番目は、PDF ファイル上にマウスカーソルを持っていき、ダブルクリックをすると、図 4(d) に示すように PDF ファイルが実物大の大きさに変更される。2 番目は、PDF ファイル上にマウスカーソルを持っていき、ドラッグすると、図 4(e) に示すように PDF ファイルを好きな位置に移動することができる。3 番目は、PDF ファイル上にマウスカーソルを持っていき、スクロールすると、図 4(f) に示すように PDF ファイルの大きさを変更することができる。開発したソフトウェアでは 0.5 倍～2 倍に変更できるように設定している。4 番目は、PDF



図 5 視認性評価の実験風景

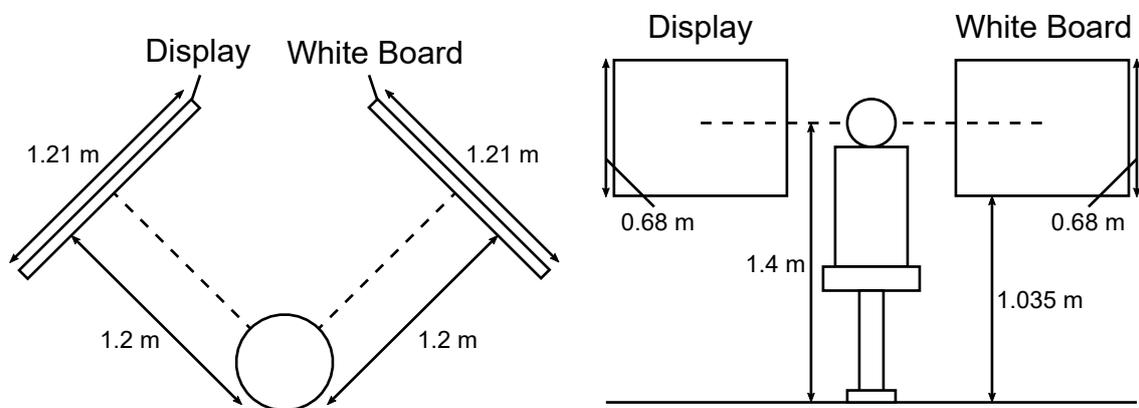


図 6 視認性評価の実験環境（左：平面図，右：正面図）

ファイル上にマウスマウスカーソルを持っていき、右クリックすると、図 4(g) に示すように貼付期限を設定したり、取り外したりすることができる。

最後に、設定した貼付期限が開発したソフトウェアのインストール PC の時刻より前になると、自動的に PDF ファイルが取り外される。また、開発したソフトウェアは複数個同時に起動することができるので、起動したソフトウェアの数だけ掲示物を同時に貼ることができる。本研究ではディスプレイのサイズが 55 インチなので、図 4(h) に示すように、A4 用紙を最大 10 枚（縦 2 枚，横 5 枚）貼り付けることができる。

3. 視認性評価実験

本章では提案した電子掲示板の視認性を評価する。特に、2 種類の表示媒体（紙とディスプレイ）を用いた掲示板を用意し、大学のキャンパス掲示板での実装を想定した評価実験を実施することで、電子掲示板が紙掲示板と同様に内容を確認できるかを検討する。

3.1 実験環境

電子掲示板には第 2 章における開発の際に使用した大画面ディスプレイを用いた。一方、紙掲示板にはホワイトボード（幅 1200 mm，高さ 900 mm）に色画用紙を貼り付けたものを用いた。その際、色画用紙の大きさは大画面ディスプレイに合わせて 55 インチとした。電子掲示板及び紙掲示板の表示範囲の地面からの高さは 1.035 m に設定した。実験参加者は電子掲示板及び紙掲示板から 1.2 m 離れた場所に置かれた椅子に座った。その際、参加者の視線の高さは地面から 1.4 m に設定した。実験風景を図 5，実験環境の平面図及び正面図を図 6 に示す。

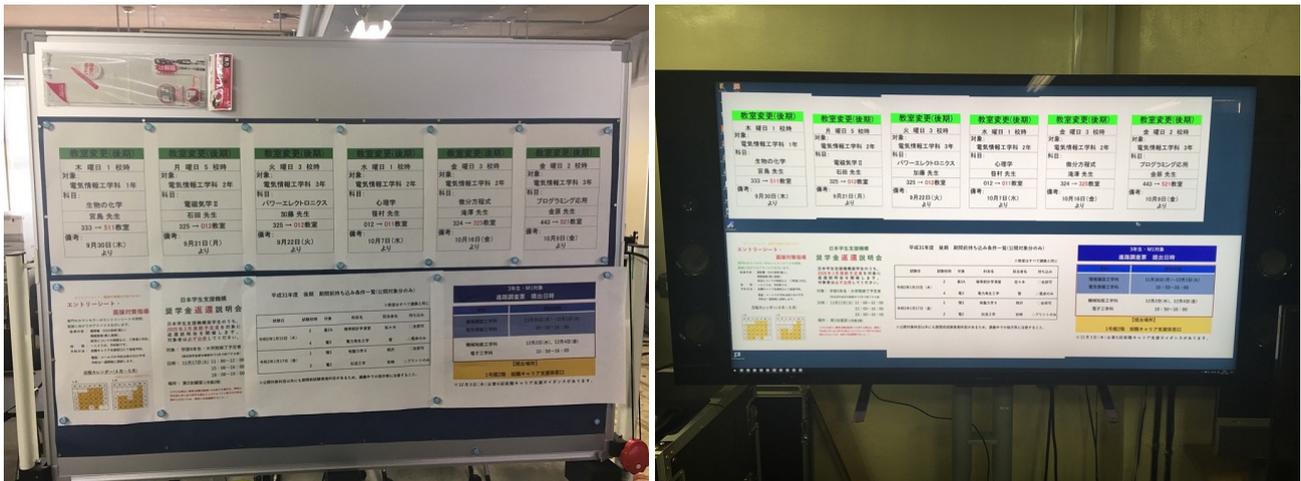


図 7 視認性評価実験に用いた掲示板（左：紙，右：提案方式電子掲示板）



図 8 視認性評価実験に用いた従来型電子掲示板

3.2 実験条件

紙掲示板としては、図 7 の左側に示すようにホワイトボードに A4 用紙を 8 枚、A3 用紙を 2 枚貼り付けた。掲示内容は東北学院大学で用いられている掲示物を基に作成した架空の掲示物である。提案する電子掲示板としては、図 7 の右側に示すように大画面ディスプレイ上に A4 サイズの PDF ファイルを 8 枚、A3 サイズの PDF ファイルを 2 枚貼り付けた。その際、紙掲示板と同じ位置に掲示物を貼り付けた。

一方、従来の電子掲示板としては、図 8 に示すように PowerPoint のスライドに PDF ファイルを直接貼り付け、計 6 枚のスライドを 10 秒ごとに切り替えて表示した。その際、スライドごとに A4 サイズの PDF ファイルを 2 枚、A3 サイズの PDF ファイルを 1 枚貼り付けた。

3.3 実験計画及び手順

実験参加者は東北学院大学の学生 12 名である。実験ではまず 2 種類のタスク（教室変更，行事予定）を設定した。「教室変更」では開講科目の変更後の教室，「行事予定」では説明会の日程，試験の持込条件，書類の提出期限に関する質問を用意した。各試行において、実験参加者は質問に対し開始の合図の後にできるだけ素早く口頭で回答し、この作業を計 12 回（= 掲示板 3 種類 × タスク 2 種類 × 繰り返し 2 回）繰り返した。その際、掲示板やタスクの提示順序は実験参加者ごとにランダム化し、従来の電子掲示板の場合は最初に表示するスライドもランダム化した。また、掲示板の情報が開始の合図の後にだけ把握できるようにするために、試行の間は実験参加者に下を向かせた。

実験終了後、実験参加者に対して Scheffé の一対比較法（中屋の変法）[15] に基づく 5 段階評定を実施した。実験参加者に以下の 3 通りの組み合わせを提示し、「どちらの掲示板が見やすかったか」という質問でそれぞれ回答させた。

- 従来型 ++++++ 紙掲示板
- 紙掲示板 ++++++ 提案方式
- 従来型 ++++++ 提案方式

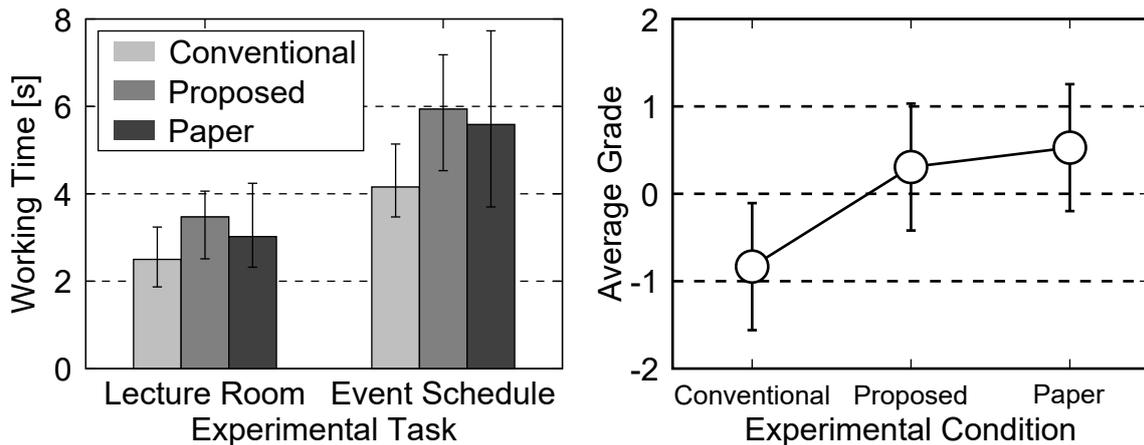


図 9 視認性評価実験における結果（左：作業時間，右：一対比較評価）

3.4 実験結果及び考察

作業時間は掲示板を見てから必要な情報を入手するまでに要する時間である。紙掲示板と提案する電子掲示板では、実験参加者が掲示板を見てから回答するまでの時間を作業時間と定義した。一方、従来の電子掲示板においては作業開始の時点で必要な情報が掲示されていない場合があるので、必要な情報が書かれている掲示物が表示されてから実験参加者が回答するまでの時間を作業時間とした。作業時間は、実験参加者の後ろ側に配置したビデオカメラで撮影した動画を後日分析することで計測した。

6種類の実験条件（2タスク×3掲示板）において得られた作業時間のヒストグラムに対して Shapiro-Wilk 検定 [16] を実施したところ、4つの実験条件において p 値が5%以下だったため、正規分布とは言えなかった。従って、実験結果の統計分析にはノンパラメトリック手法の Kruskal-Wallis 検定 [17] を使用する。

各実験条件における作業時間の中央値を図9の左側に示す。エラーバーは95%信頼区間 [18] を表す。タスクごとに Kruskal-Wallis 検定を実施したところ、どちらのタスクにおいても有意差は見られなかった（教室変更： $\chi^2(2) = 3.7059$, $p = 0.1568$, 行事予定： $\chi^2(2) = 4.0619$, $p = 0.1312$ ）。従って、作業時間に関しては、提案する電子掲示板は従来の電子掲示板や紙掲示板と同等であると言える。

一方、一対比較法に基づく評価における平均評定値を図9の右側に示す。エラーバーはヤードスティックによる95%信頼区間を表す。提案する電子掲示板の平均評定値は紙掲示板とは有意差は見られないが、従来の電子掲示板よりは有意に高い。従って、提案する電子掲示板は紙掲示板と同等で、従来の電子掲示板よりも良い評価であると言える。これは従来の電子掲示板では目的の掲示物が出るまで待たされることにより視認性に関する満足度が低下したためであると考えられる。

これらの実験結果から、提案する電子掲示板の視認性は従来の電子掲示板や紙掲示板と同等である。しかしながら、従来の電子掲示板より一対比較による評価が有意に高く、紙掲示板にはない機能が実装できることから、提案する電子掲示板は従来の電子掲示板や紙掲示板よりも良い性能であると言える。

4. 貼付操作性評価実験

第3章における視認性評価実験によって、提案する電子掲示板は閲覧する人にとって従来の電子掲示板や紙掲示板よりも良い性能であることが示された。

しかしながら、提案した電子掲示板は、PowerPointのような従来のプレゼンテーションソフトウェアでスライドにPDFファイルを貼り付けることでも実装が可能である。従って、従来のプレゼンテーションソフトウェアを用いれば、独自にソフトウェアを開発する必要がなくなる可能性がある。

そこで、本章では提案した電子掲示板の貼付操作性を従来のプレゼンテーションソフトウェア（本実験では PowerPoint 2016）と比較するために、大学のキャンパス掲示板での掲示物の貼り付けを想定した評価実験を実施する。

4.1 実験環境

電子掲示板には第2章における開発の際に使用した大画面ディスプレイを用いた。一方、掲示板の手本として、色画用紙を貼り付けたホワイトボード（幅 1200 mm、高さ 900 mm）に掲示物を計 10 枚（A3 サイズ：1 枚、A4 サイズ：2 枚、B5 サイズ：7 枚）貼り付けた。その際、色画用紙の大きさは大画面ディスプレイに合わせて 55 インチとした。電子掲示板

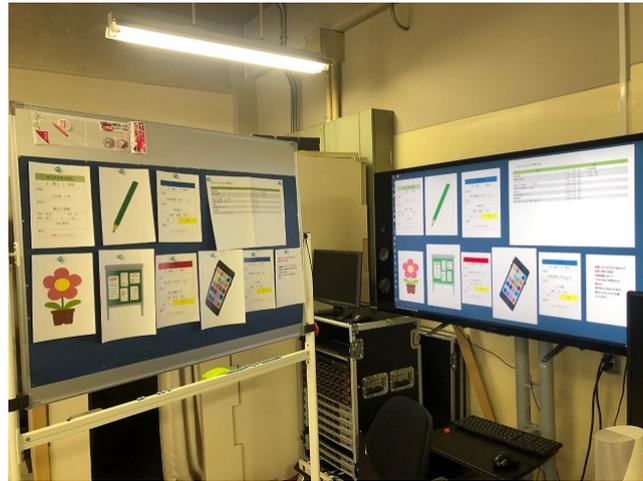


図 10 貼付操作性評価の実験風景

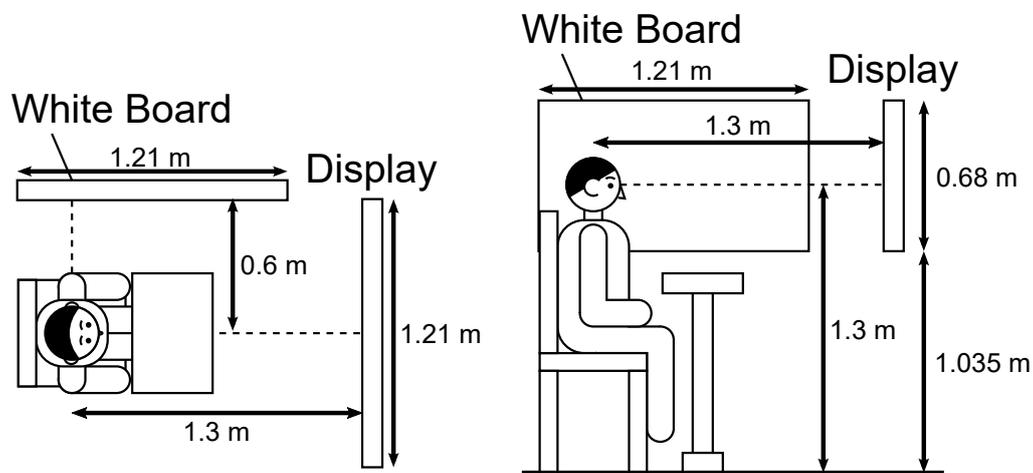


図 11 貼付操作性評価の実験環境（左：平面図，右：側面図）

及びホワイトボードの表示範囲の地面からの高さは1.035 mに設定した。実験参加者は電子掲示板から1.3 m離れた場所に置かれた椅子に座った。その際、参加者の視線の高さは地面から1.3 mに設定した。実験風景を図10、実験環境の平面図及び正面図を図11に示す。

4.2 実験条件

実験では2種類の電子掲示板（PowerPoint 2016、提案する電子掲示板）で貼付作業を実施した。PowerPoint 2016における貼付手順は以下ようになる。

- (1) メニューバーの「挿入」をクリックし、「オブジェクト」をクリックする
- (2) オブジェクト挿入ダイアログが表示されたら、「ファイルから」を選択し、「参照」ボタンをクリックする
- (3) ファイル選択ダイアログが表示されたら、読み込むPDFファイルを選択する
- (4) オブジェクト挿入ダイアログに戻ったら、「OK」ボタンをクリックする
- (5) 画像が貼り付けられたら、画像の隅をドラッグし、表示サイズを調整する
- (6) 画像上にマウスポインターを持っていき、ドラッグして好きな場所に移動する

一方、提案する電子掲示板における貼付手順は以下ようになる。

- (1) デスクトップ上のアイコンをダブルクリックする
- (2) ファイル選択ダイアログが表示されたら、読み込むPDFファイルを選択する
- (3) 実物大の2倍の大きさに貼り付けられたら、注意を促すダイアログの「OK」ボタンをクリックする
- (4) PDFファイル上をダブルクリックし、実物大の大きさに変更する
- (5) PDFファイル上にマウスポインターを持っていき、ドラッグして好きな場所に移動する

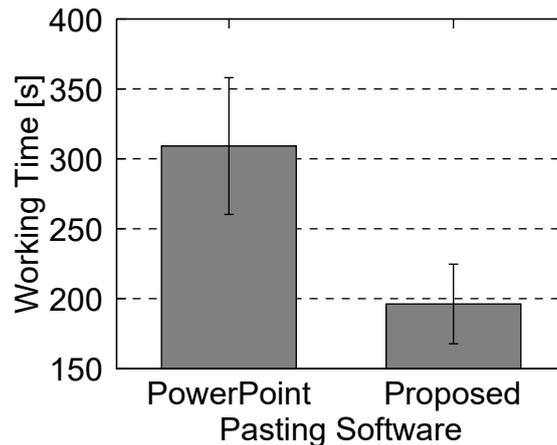


図 12 貼付操作性評価実験における作業時間の結果

Fig. 12 Result of working time in pasting operability evaluation experiment.

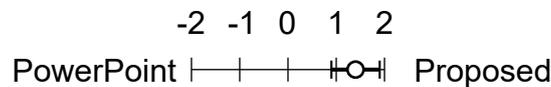


図 13 貼付操作性評価実験における一対比較評価の結果

Fig. 13 Result of pair comparison in pasting operability evaluation experiment.

4.3 実験計画及び手順

実験参加者は東北学院大学の学生 10 名である。各試行において、実験参加者は何も貼られていない電子掲示板に掲示物 10 枚をホワイトボードに掲示されている手本の通りに貼り付け、この作業を計 4 回 (= 掲示板 2 種類 × 繰り返し 2 回) 繰り返した。電子掲示板の提示順序は実験参加者ごとにランダム化した。

実験終了後、実験参加者に対して「どちらの掲示板が操作しやすかったか」と質問し、下記に示す尺度で 5 段階で回答させた。その際、評価理由も合わせて回答させた。

- Powerpoint +++++ 提案する電子掲示板

4.4 実験結果及び考察

作業時間は合図してから実験参加者が掲示物を貼り終えるまでの時間と定義した。作業時間は実験者自身がストップウォッチで計測した。

2 種類の実験条件 (2 掲示板) において得られた作業時間のヒストグラムに対して Shapiro-Wilk 検定 [16] を実施したところ、すべての条件において p 値が 5% より大きかった。従って、ヒストグラムは正規分布と言えるので、実験結果の統計分析には Welch の t 検定を使用する。

各実験条件における作業時間の平均値を図 12 に示す。エラーバーは 95% 信頼区間を表す。Welch の t 検定を実施したところ、0.1% 水準で有意差が見られた ($t(30.549) = 4.1803$, $p = 0.0002257$)。従って、提案する電子掲示板は PowerPoint のような従来のプレゼンテーションソフトウェアよりも速く貼り付けることができると言える。これは提案する電子掲示板の方が貼付手順の数が少ないことや、従来のプレゼンテーションソフトウェアで掲示物の大きさを実物大に調整するのに多大な時間を要したためであると考えられる。

一対比較評価の平均評定値を図 13 に示す。その際、提案する電子掲示板の方を選んだ場合を正の値とした。エラーバーは 95% 信頼区間を表す。母平均を 0 とする t 検定を実施したところ、0.1% 水準で有意差が見られた ($t(9) = 6.3317$, $p = 0.0001358$)。従って、提案する電子掲示板の貼付操作性は従来のプレゼンテーションソフトウェアよりも良いと評価されたと言える。評価理由に関しても、提案する電子掲示板の方が貼付手順の数が少なくサイズ調整が簡単であるという回答が得られた。

5. おわりに

本論文では、目的の掲示物から必要な情報を素早く入手でき、簡単に掲示物を貼ることができる大学キャンパス用電子掲

示板を実現するために、PDF ファイルを大画面ディスプレイ上の好きな位置に付箋のように貼り付け、見た目を紙掲示板と同等にする電子掲示板を提案した。提案した電子掲示板によって目的の掲示物から必要な情報を素早く入手できるかを評価するために、大学のキャンパス掲示板での実装を想定した評価実験を実施したところ、提案する電子掲示板は従来の電子掲示板や紙掲示板よりも良い性能であることが分かった。また、簡単に掲示物を貼ることができるかを評価するために、大学のキャンパス掲示板での掲示物の貼り付けを想定した評価実験を実施したところ、提案した電子掲示板は従来のプレゼンテーションソフトウェアよりも速く掲示物を貼ることができることが分かった。

掲示物を貼る評価実験では一対比較評価にて従来のプレゼンテーションソフトウェアよりも良い評価が得られた。一方で、「同じ大きさに調整する場合は点線が出てくる従来法のほうがやりやすい」「提案法で PDF を貼る度に表示される操作説明ダイアログを消すのが面倒である」といった意見も寄せられた。従って、今後はこれらの意見を参考にしてソフトウェアをさらに改良していく必要がある。

また、今回開発した電子掲示板はネットワークに接続されていない。従って、今後はネットワークに接続された電子掲示板を実現するために、HTML5 や JavaScript などの Web 技術を用いた電子掲示板を新たに開発し、スマートフォンやタブレットでの利用を想定した専用アプリも合わせて開発する必要がある。

6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、PDF 貼付ソフトウェアを開発して下さった小野寺恵太氏、山尾裕樹氏、村元直人氏、曾根一朗氏、評価実験を計画して下さった齋藤優作氏、評価実験を実施して下さった佐藤拳氏、曾我部俊介氏に心より感謝の意を申し上げる。

参考文献

- [1] 一般社団法人デジタルサイネージコンソーシアムマーケティング・ラボ部会, デジタルサイネージ 2020, 株式会社東急エージェンシー, 東京, 2016.
- [2] プレスリリース, "『デジタルサイネージ市場総調査 2019』まとまる," 株式会社富士キメラ総研, <https://www.fcr.co.jp/pr/19040.htm>, 参照 July 28, 2022.
- [3] 安藤明伸, "宮城教育大学における学生向け電子情報配信システム," 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, vol.18, pp.7-12, Mar. 2011.
- [4] 導入事例, "富山大学様 - エントランス 事例紹介," 株式会社内田洋行, <https://office.uchida.co.jp/case/toyama.html>, 参照 July 28, 2022.
- [5] 齋藤優作, 山尾裕樹, 木村敏幸, "PDF 貼付ソフトウェアによる大学キャンパス用電子掲示板," 東北学院大学工学部研究報告, vol.52, no.1, pp.5-12, Feb. 2018.
- [6] サイネージアプリ「時間割看板」, 株式会社アイ・オー・データ機器, <https://www.iodata.jp/product/app/pc/clpcapp-dsg/>, 参照 July 28, 2022.
- [7] 電子看板ソフト (デジタルサイネージソフト) 【Nomoad】 , NOMOSOFT 合同会社, https://www.nomo-s.jp/nomoad_top.html, 参照 July 28, 2022.
- [8] サイバーサイネージ FREE Edition, ソフネットジャパン株式会社, <http://www.sofnetjapan.com/cybersignage/info/free/>, 参照 July 28, 2022.
- [9] SmartSignage for Windows, 福猫株式会社, <http://www.fukuneko.com/software/product/smartsignage/ja/>, 参照 July 28, 2022.
- [10] 石川裕菜, 遠藤潤一, 茂登山清文, "大学におけるデジタルサイネージの活用," 日本デザイン学会第 60 回研究発表大会概要集, no.8B-03, pp.1-2, つくば, 日本, June 2013.
- [11] 柴田博仁, 大村賢悟, "答えを探す読みにおける紙の書籍と電子書籍の比較," 日本画像学会誌, vol.55, no.3, pp.274-282, June 2016.
- [12] 深谷拓吾, 小野進, 水口実, 中島青哉, 林真彩子, 安藤広志, "PDF は紙を超えるか? : 電子校正改善へ向けた, 液晶ディスプレイにおける校正作業ミスの分析," 情処学研報, vol.2011-HCI-141, no.3, pp.1-8, Jan. 2011.
- [13] JavaFX Scene Builder, Oracle, <https://www.oracle.com/java/technologies/javafxscenebuilder-info.html>, ref. July 28, 2022.
- [14] PDFBox, Apache, <https://pdfbox.apache.org/>, ref. July 28, 2022.
- [15] 日科技連官能検査委員会, 新版官能検査ハンドブック, pp.379-385, 株式会社日科技連出版社, 東京, 1973.
- [16] S.S. Shapiro and M.B. Wilk, "An analysis of variance test for normality (complete samples)," *Biometrika*, vol.52, no.3/4, pp.591-611, Dec. 1965.
- [17] W.H. Kruskal and W.A. Wallis, "Use of ranks in one-criterion variance analysis," *J. Am. Stat. Ass.*, vol.47, no.260, pp.583-621, Dec. 1952.
- [18] M. Bland, "Confidence interval for a median and other quantiles," in *An Introduction to Medical Statistics*, p.110, University Press, Oxford, 2015.