電子透かしを利用した紙文書と授業支援システムの連携
An instructional practice based on handwritten answer sheets
with a course management system

常盤祐司
法政大学情報メディア教育研究センター

あらまし：教室で行われる授業で，回答に数式，グラフ，図などを含むテストを課す場合，ノートPCなどのITデバイスではなく，紙メディアを使うほうが一般的である．それは，現状のノートPCの入力メソッドでは，紙とペンによるフリーハンドの表現力および筆記感覚を越えられないことが一因であろう．また，IT デバイスを持ち込んだ場合，学生がメールやネットビデオなどを見てしまうことから授業運営上の課題もある．一方紙メディアは回収，返却，蓄積等に課題がある．それらの課題を踏まえ，従来から使われている紙メディアと授業支援システムを連携させ課題解決を試みた．紙メディアとしては授業でよく利用される出席票およびレポートを対象とし，プリンタおよびスキャナなどの機能を持つ複合機と授業支援システムから構成される新たなシステムを開発した．本講演ではこのシステムを2013年度前期の授業に適用し，運用上の観点から評価した結果について報告する．
キーワード：オープンソースCMS，Sakai，授業支援システム，電子透かし，手書き文書

1.　はじめに

米国ではタブレットPCとクラスルーム管理システムを用い，授業のなかで学生および教員が生成する手書き情報を利用したアクティブラーニングが行われ，すでに2005年には関連する報告が行われている[1][2]．しかしながら日本においては全学的にタブレットPCを導入している大学はなく，一般的なノートPCでは数式，グラフ，図などを入力することは難しい．そのため，こうした情報を取り扱う授業では手書きが容易な紙メディアを使うことになる．ただし，紙メディアを授業で利用する場合，それらの整理および管理の煩雑さに加え，授業支援システムとの連携が困難であり，様々な学習活動を記録するeポートフォリオの視点が抜け落ちてしまう課題がある．

本研究は，スキャナ，プリンタ，FAX，コピー機能を有するデジタル複合機(以下，MFP; Multi Functional Peripheral)と，それに付属する電子透かし，OCR，通信機能を組み合わせることにより，手書き文書をデジタル化して授業支援システムと連携させ，教育環境の向上をはかることを目的として始められた．研究が開始された2012年度は開発したシステムの機能を確認することを目的として授業で実証実験を行い，これらの成果については大学ICT推進協議会年次大会およびJa Sakai Conferenceにて報告した[3][4]．そこではユースケースとして多くの大学で馴染みのある小テストを兼ねた出席票を取り上げ，テクノロジ，システム構成，授業での利用に関する報告を行うとともに，OCR読み取り精度などの課題を提示した．その後，出席票に加え，レポート課題およびテストといった，大学では一般的なユースケースに対応するよう機能を拡張した．

こうして2013年度期首には，2012年度の研究成果を踏まえ，実運用に耐えうるシステムを構築できた．そして2013年度前期に開講された2科目で本システムを利用し，主として運用上の視点から評価を行った．本報告では構築したシステムの概要を説明するとともに実証実験で得られた知見を報告する．

2.　テクノロジおよびシステム概要

2.1　電子透かし

本研究の特長的なテクノロジの一つは電子透かしである．これまで電子透かしはDRM (Digital Rights Management) 等で利用されていたが，ITを活用した教育の場に適用されたことはなかった．

本研究では富士ゼロックスが開発した電子透かしを利用している．これは図1に示すようにプリント出力文書の背景に人間の目には見えにくい微細な点を描画することで情報を埋め込む技術である．

これにより，既存の原稿レイアウトのまま，画質を損なうことなく情報を埋め込むことができる．本技術は元々プリント出力文書に追跡情報を埋め込むことによる紙文書による情報漏洩抑止のために研究開発されたが，本研究では追跡情報の代わりに授業支援システムとの連携に必要な情報を埋め込むことで授業支援システムとの連携を実現している．

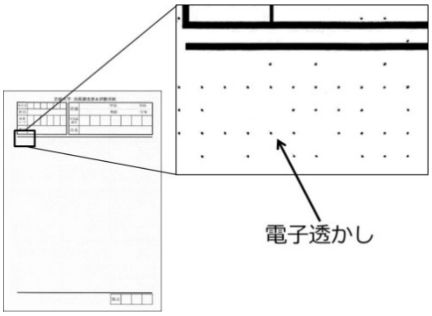

図 1 出席票に適用した電子透かし事例

2.2　システム概要

授業において手書きが発生するユースケースとして，多くの大学で馴染みのある小テストを兼ねた出席票を例にとってシステムの概要を述べる．なおレ

ポート機能の概要については参考文献[4]を参照されたい．

小テストを兼ねた出席票は，ミニッツペーパーとも呼ばれ，授業終了時にその授業回の振り返りのために利用される．本学では A5 用紙を用いた出席票が利用されており，上段に科目，教員，学科，月日時限，学生証番号，氏名，フリガナ，評価などを記載する欄がある．この欄の下部には紙面の 70～80% を占めるフリースペースがある．

この出席票に電子透かしを埋め込み授業支援システムと連携させる手順を下記に示す．①，②…⑥は図 2 中に記載する番号と対応している．

① MFP の操作パネルにて教員名と授業名を選択し，当日配布する人数分の出席票を MFP で印刷する．この際，電子透かしも印刷される．

② 教室にて用意した出席票を学生全員に配布し, 教員が課題を与える. 学生は学生証番号および氏名など自身の属性を手書きした後, 出席票のフリースペースに回答を手書きし, 授業終了直前に教員に提出する．

③ 教員は研究室等に戻り, 赤ボールペン等にてコメントを手書きする．

④ 教員が採点した出席票を MFP にてスキャンする．

⑤ 教員は MFP にアクセスし，評価した得点を一覧する Excel ファイルと，すべての学生の採点済み出席票を学生証番号順にソートし 1 ファイルにまとめた PDF をダウンロードする．

⑥ 学生は授業支援システムにアクセスし, PDF 化された採点済出席票に記載された教員のコメントおよび点数を確認する．

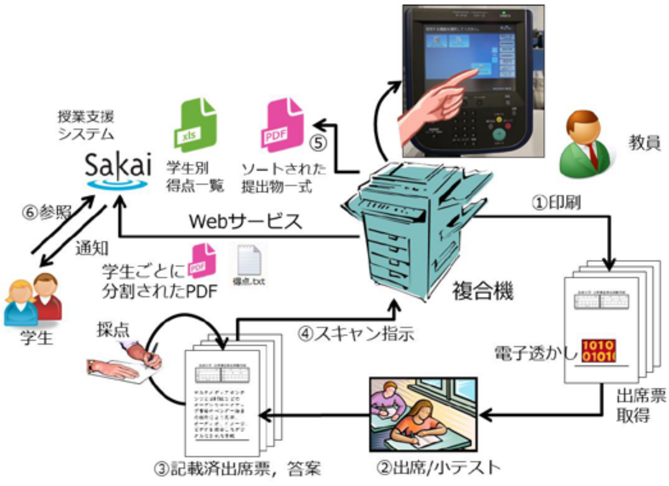

図 2 出席票を想定したユースケース事例

3. 実証実験

3.1 目的

開発されたシステムが提供する機能を利用した授業を設計し，ユースケースを検証するとともに，15 回の授業を通じた運用上の課題を明らかにする．

3.2 適用した授業

本システムを利用して行った授業は次の 2 科目であり本学理工学部応用情報工学科にて 2013 年度前期に開催された筆者が担当する授業である．

- ネットワークアプリケーション設計論
  3 年生を対象とした科目で 93 名が履修した．
- マルチメディアコンテンツ
  4 年生を対象とした科目で 9 名が履修した．

3.3 出席票およびレポート利用方法

出席票は授業が終わる約 15 分前に学生に配布し，教員が教室前方のスクリーンに課題を提示する．学生は課題を確認し，出席票に学生証番号，氏名などの属性と回答を鉛筆で手書きする．度々課した課題事例としては，授業で説明したキーワードを関連付ける MindMap の作成である．

レポートは教員が授業支援システムにて課題を指示し，学生はワープロファイル形式のレポートを授業支援システムに投稿する．教員はそのレポートを PC に一括ダウンロードした後, 本システムを使って印刷し，コメントを手書きし，採点を行う．その後 MFP にてスキャンして採点済みレポートを学生に返却する．

3.4 結果

それぞれの授業におけるシステムの利用状況を出席票およびレポートについて表 1 に示す．それらの機能を利用した回を○で示す. ( ) 内の数字は学生証番号を OCR が誤認識した人数を示す．

表 1 授業におけるシステム利用状況

授業回	ネットワークアプリケーション設計論		マルチメディアコンテンツ	
	出席票	レポート	出席票	レポート
1	○(0)		○(0)	
2	○(3)		○(0)	
3	○*1	○	○(0)	
4	○*1		○(0)	○
5	○(3)		○(0)	
6	○(5)		○(0)	
7	○(1)	○	○(0)	
8	○(2)		○(1)	○
9	○(4)			
10	○(1)		○(0)	
11	○(1)	○		
12	○(1)	○	○(2), ○(1)*2	
13	○(4)		○(2)	○
14				
15	○(1)			
合計	14 回	4 回	12 回	3 回

*1 データベース障害のため OCR 認識が適用できなかった．

*2 当日の出席票の利用に加え，宿題を課した．

4. 評価

4.1 教員による評価

本システムを利用する意義としては，学生が提出した出席票およびレポートにおいて学生が誤って理解している箇所をコメントし，それを返却することによって学生に誤りを気づかせることである．履修人数の多い科目の場合には評価にそれなりの時間を要するが，それは本来の教育活動の一環である．何より，誤った箇所を手書きで明記できる簡便さが本システムを利用した印象である．手書きを使わない場合，例えば「2 ページ，上から 3 行目」といった方法で位置を指定するが，教員にとって煩雑であるだけでなくそれを読む学生にとっても直感的に位置を認識することが難しい．

運用面では，それぞれの回において OCR の誤認識により自動的にアップロードされなかった際の対応がある．これに関しては，マニュアル操作で PDF を授業支援システムにアップロードしたが，1 学生あたり 1 分弱であり，運営上の問題にはならなかった．

4.2 学生による評価

授業最終回に実施しているラーニングポートフォリオに記載された学生の感想には本システムを利用したことによる効果が述べられていた．それらをケラーによる ARCS モデル[5]によって整理した．学生の感想は原文のまま記載する．

(1) Attention/知覚的喚起

- アンケートの実施や, 毎回の出席票実施など授業に興味を持ち参加できた面も大きかったと思う．
- 出席票や、レポートを先生がしっかり見てくださり，コメントをくださったり，点数をつけてくださったので，やる気が出ました．

(2) Confidence/成功の機会，成功への自信

- この授業から学び，一番印象に残ったことは，マインドマップを用いる事によって, 物事を見やすくすることができるという事を学んだ．
- 授業が終わったごとに提出した課題や授業のリアクションペーパーなどについては, 添削して返却していただくことができたので, 欠点や良かった点について見返して反省することが出来て非常に役立ったと考えられる．
- それぞれの授業ごとに課題が出たり, リアクションペーパーを書いたりすることによって, それに対しての添削や指導があったために, 次の講義やレポート作成の際に役立てることができて, それらを繰り返すことによって自分の力とすることが出来たと考える．

5. 考察

本研究は手書き文書を含め学生の学習履歴を大学が運用している授業支援システムに蓄積するという点で，これまでにはない試みである．そこで，教員あるいは学生の視点で本システムを利用しない従来型の教育方法との比較を行った．その結果を表 2 に示す．ここでは，100 名が履修する科目にて，教員が出席票を利用して学生に回答を書かせ，それを採点して返却するというシナリオを想定した．本システムを利用した教育方法では電子透かしをいれた用紙を印刷する際に，従来型教育方法に比べ時間がかかるが, それ以外は同等あるいは時間が短縮される．その効果としては，採点済み回答を教室で手渡している場合には，約 10 分から 20 分の短縮，授業支援システムシステムを利用して返却している場合では，1 時間以上の短縮になるものと予想される．

本シナリオでは，教員が学生に評価した結果を返却することが前提としたが，こうした授業方法をとっている教員にとっては極めて有効なシステムであると思われる．

表 2 タスクアナリシスによる授業方法の比較

フェーズ	タスク	従来型 授業方法	本システムを 利用した 授業方法
授業前	印刷	大学で用意	4.5 分
授業中	配布	同等	
	収集	同等	
授業後	評価	同等	
	ソート	10 分	なし
	スキャン	同等	
	配布	手渡し:5-15 分 授業支援 システム:1 時間	なし

6. おわりに

紙メディアの出席票およびレポートを介して手書き文書で教員と学生がやりとりを行うシステムを開発し，2013 年度前期に開催された 2 つの授業に適用した. 評価結果として 15 回の授業を通じて実運用に耐えることを示した．効果の点では，ほぼ毎回出席票あるいはレポートを介して学生とのインタラクションを実現できたことにより，知覚的喚起および成功への機会における教育効果が得られた．また，授業運営の点では出席票およびレポートなどのソートあるいは返却に要する時間を削減できた．

これまで時間の制約からこうした授業方法を採用できなった教員にとっては，授業を設計するうえで本システムは検討の対象となろう．また，学生を中心として学習履歴を管理する e ポートフォリオの展開が多くの大学で計画されているが，手書きの学習履歴が蓄積されていればその展開が大いに加速されることであろう．

今後の課題としては非機能要件である使い勝手が

挙げられるが，多くの教員に利用してもらい，そこからの要望を収集して，よりよいシステムにしていきたい．

参考文献

[1] M. D. Theys, K. Lawless, and S. George, “Tablet Computer and the Traditional Lecture”, Frontiers in Education 2005, Session T2G, Indianapolis, October 2005.

[2] P. Chen, K. Nagao, Y. Zhao, J. Pan, “Print and Generation Copy Image Watermarking Based on Spread Spectrum Technique”, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3682, 2005, pp. 1076-1082.

[3] 常盤祐司・宮崎誠・山田勇樹・佐藤悦志：“電子透かしを活用した手書き文書と Sakai の連携”，大学 ICT 推進協議会 2012 年度年次大会論文集 (ISSN 2186-7127)，神戸，pp5-12.

[4] 常盤祐司・宮崎誠・山田勇樹・佐藤悦志：“電子透かしを活用した紙文書と Sakai の連携”，第 6 回 Ja Sakai カンファレンス，入手先 <http://www.sakaiproject.jp/confluence5/download/attachments/1933331/JaSakaiConf6_tokiwa.pdf?version=1&modificationDate=1374138838000&api=v2> (参照 2013-09-28)

[5] 稲垣忠・鈴木克明編著：“授業設計マニュアル”，北大路書房，2011.