

QRコードを用いた演習用紙の効率的な電子コンテンツ化

永井孝幸^{1*}

¹ 鳥取環境大学環境情報学部情報システム学科

概要: 本学では課題演習の支援を目的とした授業支援システムを Web アプリとして開発・運用してきた。Web ブラウザでレポートの出題・提出・返却を行うスタイルは定着したものの、筆記試験の答案・演習用紙など、紙面で提出された素材はシステムで扱えていなかった。本報告では、紙面にあらかじめ科目番号や学生番号といった分類情報を QR コードとして印刷しておき、スキャナ読み取り画像から QR コードを読み取ることで素材と記入者の対応付け、記入箇所の切り出しを行い、素材を効率的に電子コンテンツ化する方式について述べる。

Application of QRCode to efficient digitization of paper forms

Takayuki Nagai¹

¹ Department of Information System, Tottori Univeristy of Environmental Studies (TUES)

Abstract: Since 2001, we have been developing a class support system based on web-application that enables teachers to handle weekly homework efficiently. By introducing the system to many classes, we have realized quick feedback to students, which is quite important to attract them to their learning subjects. However, paper forms are still widely used in subjects such as mathematics where complex figures or expressions are common. In these subjects, students can not write their answers in the electric forms of web browser as they want to. To give quick feedbacks to students also in these subjects, we propose an application of QRCode to efficient digitization of paper forms.

1 はじめに

「学生の力を伸ばすには毎回の演習が欠かせない」という考えから、著者の所属する鳥取環境大学情報システム学科では学生にレポート課題を多く出題している。継続的な学習の習慣を学生に身につけてもらうとともに文章力もつけてもらうことを意図し、回答形式は穴埋めや選択方式ではなく自由記述形式である。出題した課題は次回の講義までに採点・コメント付けを行いフィードバックを行うようにしている。

上記のスタイルを実現する際に障害となる事務作業を削減することを目標に、レポートの出題・採点・コメント付け・フィードバック作業を支援するための授業支援システムを Web アプリとして実装し、2001 年度より約 5 年間にわたり継続的に開発・運用を行ってきた [1]。その結果、講義毎に出題する課題については Web 上で出題・提出・返却するスタイルが定着した。

しかしながら、数学のように図・数式を多用する科目では Web による回答の記入がなじまず、現在も紙面で

レポートを取り扱っている。また、講義中の演習用紙、定期試験の解答用紙も依然として紙のままである。もしこれらの素材を効率よく授業支援システムに取り込むことができれば、Web を通じて学生に迅速なフィードバックを返せるだけでなく、これまで活用されていなかった紙素材を授業支援システム上で教育用コンテンツとして活用できるようになる。

このような考えから、演習用紙・解答用紙などの紙素材を効率よく電子コンテンツ化する方式について考察を行った結果、QR コードと授業支援システムを活用することで効率よく紙素材を電子コンテンツ化できることが分かった。本報告では今回考案した電子コンテンツ化の方式について述べる。

演習用紙、解答用紙などの紙素材をシステムに取り込む最も手軽な方法は、紙面をスキャナで読み取ることである。現在では自動紙送り機構のついたスキャナ (ScanSnap[2] など) が低価格で入手可能となっており、まとまった量の紙素材を画像データに変換すること自体は非常に容易である。しかしながら、これだけではまだ科目の素材として利用することはできない。スキャン画像と記入者の対応付け、記入者の匿名化といった作業が必要である。

*連絡先：鳥取環境大学環境情報学部情報システム学科
〒 689-1111 鳥取県鳥取市若葉台北 1-1-1
E-mail: nagai@kankyo-u.ac.jp

いったん画像と記入者の対応付けが済んでしまえば、授業支援システム上での素材の取り扱いが容易である。指定した学生の素材を表示してコメントをつけたり、学生に当人の解答用紙を提示することが Web ブラウザを通じて行えるようになる。問題は、この対応付けをいかにして効率よく行うかである。

演習用紙の電子コンテンツ化に必要な上記の作業を効率よく行うため、紙面にあらかじめ科目番号や学生番号といった分類情報を QR コードとして印刷しておく、スキャナ読み取り画像から QR コードを読み取ることで素材と記入者の対応付け、素材の匿名化を自動的に行う方式を考案した。また、この方式の実現に必要な各種ツールを作成し、授業支援システムとの統合を行った。

本報告書の構成は次の通りである。まず第 2 章で紙素材を電子コンテンツ化する際の目標について述べる。次に第 3 章では 2 章で述べた目標を達成するのに必要な電子コンテンツ化システムの仕様について述べる。第 4 章では今回作成した電子コンテンツ化システムについて述べる。最後に第 5 章では、実際の講義で用いた紙素材を電子コンテンツ化した結果について紹介する。

2 電子コンテンツ化の目標

この章では演習用紙・解答用紙といった紙素材を電子化する際の目標について述べる。電子化に要する手間が電子化によるメリットと引き合わなければ、そもそも素材を電子化する意味がないからである。

2.1 記入者本人への返却

著者は学生に迅速にフィードバックを返すことを第一の目標と考えており、電子化はそのための手段に過ぎない。自分の記入した用紙の内容を学生が Web で閲覧できるようにすることが最初の目標である。

2.2 スキャナ読み取りによる画像化

学生が自分の記入した素材を迅速に閲覧できるようにするためには、できるだけ少ない手間・時間で素材を電子化したい。学生にフィードバックを返すためには、いずれにせよ人が見て内容を確認するわけであるから、パソコンの画面で見て十分に記入内容を判別できる程度の画像に変換できれば良いものとする。この用途であれば、スキャナを使って紙面をグレースケール、100~300dpi 程度の解像度で読み取れば十分である。自動紙送り機構のついたスキャナを使えば、数十枚単位の紙面を読み取るのは容易である。

素材をコンテンツとして再利用するという立場からは、学生が紙素材に記入した内容を OCR で正確に読み取れば理想である。しかし、鉛筆で書かれた手書き文字・図形を OCR で読み取ることは困難であり現実的でない。2005 年 4 月 1 日に施行された e-文書法 [3] では、読み取り解像度・電子署名などの一定の技術要件を満たせばスキャナで読み取った書類も原本と見なすことになっており、素材の保管という意味では単純に画像化する方法で問題ないと思われる。

2.3 画像と記入者の対応付け

紙素材をスキャナで読み取って画像に変換しただけではまだ不十分である。画像を記入者本人が閲覧できるようにするには、画像がどの学生のものであるかが区別できるように画像と学生の対応付けを行う必要がある。画像と学生の対応付けをデータベースに保管してしまえば、Web アプリケーションを通じて各学生に当人向けの画像を提示することは容易である。画像と学生の対応付け作業を効率よく行うための仕組みが鍵となる。

2.4 素材の匿名化

授業支援システムを用いて学生の回答を集約する利点の一つに、コメントのついた回答集を匿名化して Web に公開できることが挙げられる。回答の中にはそのまま教材として通用するような優れた物も見受けられ、回答集を公開することで学生同士がお互いの回答を閲覧できることは教育上効果的である。

紙素材として扱ってきた演習用紙・解答用紙についても、匿名化したうえで公開することができれば他の学生にとって有益な教育コンテンツになると考えられる。また、画像の匿名化を行った後で演習用紙の一覧を他の学生に公開し、学生相互にコメントをつけあうといった使い方も可能になる。

そのためには、スキャナで読み取った画像から氏名欄などの記入者を特定できる部位を取り除いた上で画像を公開する仕組みが必要である。

3 電子コンテンツ化システム仕様

この章では、第 2 章で述べた目標を達成するために今回考案した紙素材電子コンテンツ化システムの仕様について述べる。

3.1 QR コードの活用

画像と記入者の対応付け、および、画像の匿名化を効率よく行うために QR コード (図 1) を用いる。紙面にあらかじめ科目番号や学生番号といった分類情報を QR コードとして印刷しておき、スキャナ読み取り画像から QR コードを読み取ることで素材と記入者の対応付け、素材の匿名化作業を自動化する。

QR コードは印刷時に多少の汚れがあっても誤り訂正機能を用いて正常に読み取ることができるため、OCR のように専用紙を用いなくとも、通常のコピー用紙に印刷し、汎用スキャナで読み取るだけで十分実用に耐えることもポイントである。



図 1: Level1 の QR コードの例

現在の QR コードの利用方法は、紙面に印刷された QR コードをハンディ型バーコードリーダー・携帯電話を使って読み取るという用途が一般的である。例えば、立命館大学では QR コードシールの貼られた出席カードをハンディ型バーコードリーダーで読み取り、出席集計を行っている [4]。しかし、この方法はまだ QR コードの特性を活かしきっていない。提案するシステムでは QR コード解析ライブラリを用いてスキャナ読み取り画像を一括処理することで人手を介さずにこの作業を行う。

ハンディ型バーコードリーダーではなく QR コード解析ライブラリを使って画像を処理することの利点は、人手を介さずに QR コードを読み取れることだけではない。QR コードに書かれているデータだけでなく、画像中の QR コードの座標も合わせて取得できるという点が大きな違いである。例えば、紙面のうち公開したい領域の隅に QR コードを印刷しておけば、後で画像を処理する際にどの範囲の画像を切り出せば素材が匿名化できるかを自動的に判定できる。この発想に基づいた読み取り紙面の書式を 3.2 節で紹介する。

従来、QR コード解析ライブラリは業務用途の高価なものが多く (例えば [5])、科目素材の電子化のように売上に直結しない業務に導入するには手が届かなかったが、ソフトアドバンス社製の QR コード Toolkit [6] のように戦略的な価格設定を持ったライブラリや、オープンソースのライブラリ [7] が登場してきたことから、教育場面で QR コードを活用する素地が整ってきたと言える。

3.2 読み取り紙面の書式

素材と記入者の対応付け・素材の匿名化を自動的に行うため、読み取り紙面に QR コードを図 2 のように配置する。この例では演習用紙の上部に記名欄を設け、下部にコメント記入欄を設けるというケースを想定している。記入欄を表す QR コードの座標に基づいて画像を自動的にヘッダ部・ボディ部・フッター部に分割できるため、この書式の素材の匿名化を行うには、画像から記名欄のあるヘッダ部を機械的に取り除くだけでよい。

QR コードは左上、左下、右上の 3 隅に特徴的な検出シンボルがついているため、用紙のどの場所に QR コードがあるかを前もって画像解析プログラムに入力しなくとも、問題なく検出することができる。従って、読み取り紙面のレイアウトは一般のワープロ等を用いて自由に作ることができる。記入者コード (学生番号など) の印刷もワープロに備わっている画像の差し込み印刷機能を用いればよい。

なお、印刷時に検出シンボルの端が欠けないように QR コードの配置には注意する必要がある。QR コードは多少の汚れがあっても読み取れることになっているが、実際には検出シンボル部の汚れ・破損には弱い。したがって QR コードを用紙の端に寄せたレイアウトを使うときは紙面の印刷可能領域内に QR コードが収まっているか十分にチェックしておく必要がある。

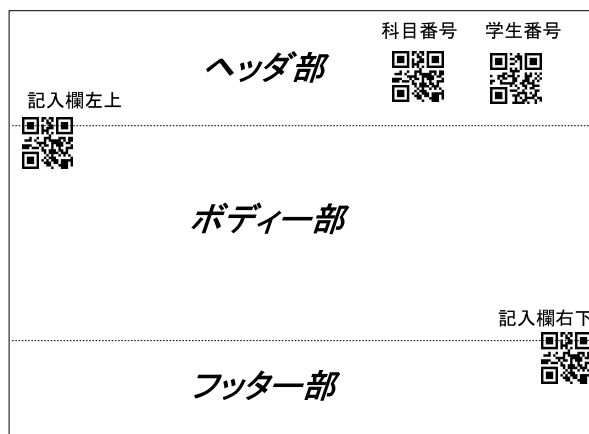


図 2: 読み取り紙面の基本構成

3.3 授業支援システムとの統合

QR コード付き演習用紙を効率よく作成するには、記入者コード (学生番号など)・科目コードといった管理情報、ならびに QR コードの一括生成ツールが必要になる。そこで、すでに実際の講義で運用し管理情報を保有している授業支援システム [8] に QR コード生成

機能を追加し、作業の効率化をはかる。

また、電子コンテンツ化された素材を学生本人に配信するツールが必要である。学生の使い勝手を考え、すでに実際の科目で運用されている授業支援システムにコンテンツ配信ツールを統合する。

4 紙素材電子コンテンツ化システム

この章では開発した紙素材電子コンテンツ化システムについて述べる。

作成したシステムはQRコード発行ツール、素材加工ツール、素材登録/配信ツールからなる。このうち素材加工ツールについては単独のアプリケーションとして実装し、その他のツールは本学科で運用中の授業支援システム [8] に組み込む形で実装した。QRコードの発行から電子コンテンツ配信までの流れは図3のようになる。

科目の受講者は学科定員である80名程度を想定しているが、受講生が増えても教員の作業が増えないようにするため、今回開発したシステムでは個々の素材をバラバラに扱わずに済むように一括して取り扱うことに重点を置いている。

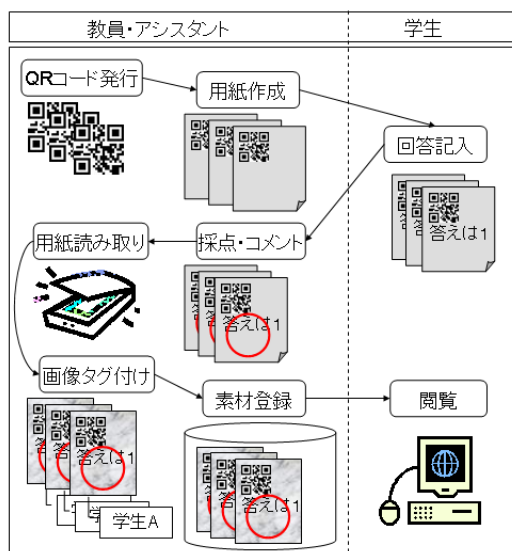


図3: 紙素材電子化の流れ

4.1 QRコード発行ツール

紙素材を電子化する場合、まず読み取り用紙に印刷する科目コード・学生番号のQRコードを授業支援システムを用いて作成する。授業支援システムには既に科目コード・科目毎の受講者が登録されているため、追

加のデータを登録する必要はない。

QRコードの生成にはJava4Less社製のQRコード生成用Javaクラス [9] をGUI部品として利用できるように改良したものを使用している。

QRコード発行画面 (図4) でダウンロード用のリンクをクリックすると、科目コード・受講生の学生番号のQRコード画像一式 (図5)、ならびに差し込み印刷用のCSVファイル (図6) がその場で発行される。ZIP形式のファイルとして一括ダウンロードできるので、学生数が増えてもファイルの取り扱いが煩雑になることはない。



図4: QRコード発行画面

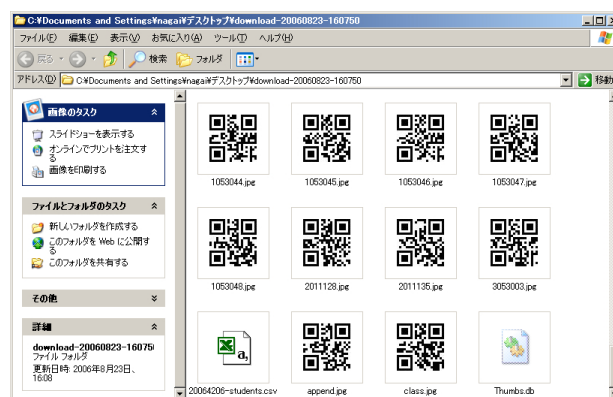


図5: 発行されたQRコード一覧

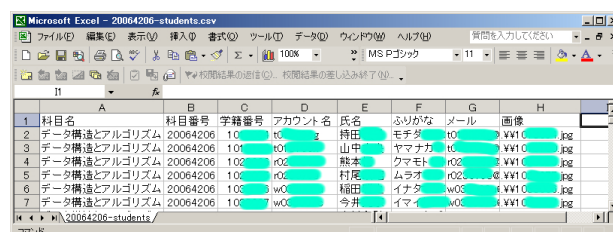


図6: 発行された差し込み印刷用データ

発行した QR コードを使って読み取り用の演習用紙を作るには、Word の差し込み印刷機能を用いる。まず Word を使って演習用紙の書式を作成し、次に QR コードを差し込み印刷したい場所に MERGE FIELD を作成する (図 7)。実際の利用場面では QR コードだけでなく科目名・学生番号・氏名も合わせて印刷する。

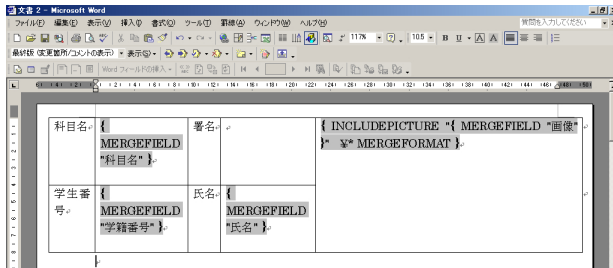


図 7: 差し込み印刷欄付き演習用紙

なお、試験では解答用紙の汚損などにより、その場で追加の解答用紙が必要になる場面が発生する。このようなケースに対処するため「任意の学生」を表す QR コードも合わせて発行している。

4.2 素材加工ツール

スキャナ読み取り画像から QR コードを検出し、画像と記入者の対応付け・素材の匿名化を行うツールを作成した。QR コードの検出にはソフトアドバンス社製の QR コード Toolkit[6] を用いている。また、画像の加工には MATLAB の Image Processing Toolbox[10] を用いている。A4 紙面を高解像度でスキャンした場合、画像サイズが 2500 x 3500 ドット、5000 x 7000 ドットと大きくなるため、通常のグラフィックエディタや画像加工ツールでは作業メモリの不足のために傾き補正やトリミングがうまく行えなかったためである。

このツールは指定されたフォルダ内の画像を一括処理し、画像と記入者の対応付けを表す CSV ファイルの生成、ならびに、素材集を 1 つの ZIP ファイルにまとめる処理までを自動で行う。また、大量の紙面をスキャナで読み取ると、中には紙面が傾いているもの、天地が逆になっているものが出てくる。そこで、検出した QR コードの傾きを元にして紙面の傾き補正も同時に行うようにしている。素材加工プログラムの処理内容を表 1 に示す。

QR コードが検出されない画像が見つかった場合は、対話的に素材の切り出し範囲を指定する GUI ツールが起動される (図 8)。画像を一枚処理するごとに手作業で切り出し範囲を指定しては効率が悪いので、一括処理の最後の段階で切り出し範囲の指定が必要な画像をまとめて取り扱うようにしている。

表 1: 素材加工プログラム概略

```
/* Step 1:画像中の QR コード情報を自動取得 */
while 指定フォルダ内に未処理の画像がある {
  フォルダから未処理画像 I を読み出す
  画像 I に含まれる QR コードを検出
  if QR コードの検出に成功 {
    QR コードの傾きを元に画像の傾きを補正
    if 学生番号 N の検出に成功 {
      画像 I の公開対象に学生番号 N を登録
    } else 画像 I の公開対象に学生番号 0 を登録
    if 切り出し領域を表す QR コードペア P,Q を検出 {
      P,Q の座標をもとに切り出し領域の座標を保存
    } else 検出失敗画像リストに画像 I を登録
  } else 検出失敗画像リストに画像 I を登録
}
```

```
/* Step 2: QR コード検出失敗画像の手動リカバリ */
if 検出失敗画像リストが空でない
  /* 各画像の切り出し領域を手動で指定・保存 */
  切り出し領域指定ツールを起動
```

```
/* Step 3: 画像分割による素材の匿名化 */
切り出し領域にもとづき、各画像を
  ヘッダ部・ボディー部・フッター部に分割
```

```
/* Step 4: 素材データを出力 */
分割された画像全体を ZIP ファイルにアーカイブ
画像と公開対象学生の対応表を CSV 形式で出力
```

さらに、同じ書式の文書では画像の切り出し範囲がほとんど同じになることに着目し、一度切り出し領域を指定した後はショートカットキー操作だけで連続して複数画像の切り出し操作を行えるようにしている (図 9)。そのため、画像一枚当たり 1 秒程度の操作で効率よく画像の切り出しを行える。

素材の加工が終了すると、図 10 に示された形式で素材一式が格納された ZIP ファイルと、素材と公開対象学生の対応を記述した CSV ファイル (図 11) が出力され、電子コンテンツ化が終了する。ZIP 形式では内部にディレクトリ構造を持たせることを利用し、ヘッダ部・ボディー部・フッター部に分けて素材を格納している。本人特定に関わる情報を扱いたくない場合は、この時点で素材集からヘッダ部全体を取り除くこともできる。

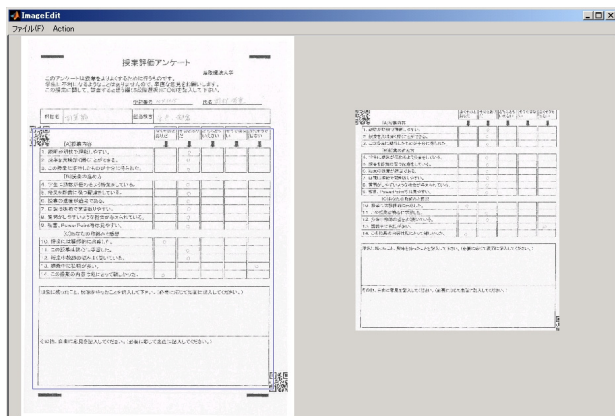


図 8: 切り出し領域指定ツール

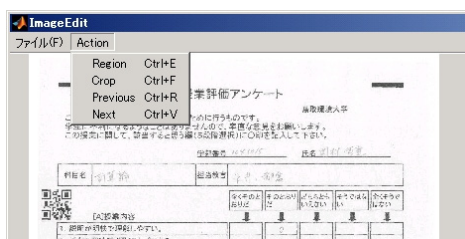


図 9: ショートカットキーによる画像切り出しも可能

4.3 素材登録/配信ツール

4.2 節で述べた素材加工ツールによって電子コンテンツ化された素材は授業支援システムを通じて学生に配信される。配信したい素材を授業支援システムに登録するには、素材加工ツールによって生成された ZIP ファイル・CSV ファイルを登録するだけでよい。このため、配信対象となる学生の人数によらず素材登録を一括して行うことができる。

作成した配信ツールの特徴は、ヘッダー部・ボディー部・フッター部の各部分毎に画像を学生に公開するかどうかを指定できることである (図 12)。ヘッダー部を非公開にすることで記入者を匿名にしたまま画像を学生に公開することが出来る。

画像と学生の対応付けも素材登録画面で合わせて行うようになっている。通常は画像と学生が一对一に対応するケースが多いと思われるが、試験の解答用紙のように一人の学生に複数枚の用紙が対応するケースにも対応できるよう、画像と学生を多対多で対応付けられるようにしている。

学生と画像の対応付けは「学生番号 画像ファイル名」という行を記入することで一括指定する (図 13)。通常の使用では、素材加工ツールによって生成された CSV ファイル (図 11) を記入欄にコピー・ペーストするだけでよい。

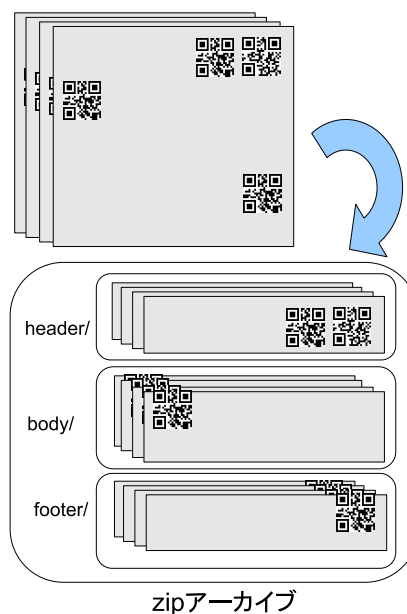


図 10: 画像集から素材集への加工

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1013100	1013100.jpg								
2	1013100	1013100-1.jpg								
3	1023075	1023075.jpg								
4	1023075	1023075-1.jpg								
5	1033006	1033006.jpg								
6	1033006	1033006-1.jpg								
7	1033016	1033016.jpg								
8	1033016	1033016-1.jpg								

図 11: 自動生成された素材と学生の対応表

素材と学生の対応付けに間違いがないことを一目で確認できるようにするため、ヘッダ画像と学生の対応付けを一覧表示する機能も設けてある (図 14)。対応付けに誤りが見つかった場合や、記入者以外の学生にも公開したい場合はヘッダー一覧画面で画像の公開対象を変更することができる。

学生が自分宛の画像を閲覧するには、授業支援システムの「個別通知」機能を用いる。個別通知機能は、元々は採点結果などのように学生個別の通知文を表示するために作成した機能である [8]。今回、学生宛の画像を合わせて表示するように機能の追加を行った (図 15)。

5 実施例

作成したシステムを用いて、2006 年度前期の担当科目において期末試験解答用紙の電子コンテンツ化を行った。対象とした科目は「データ構造とアルゴリズム (履修者 68 名)」「計算論 (35 名)」の 2 科目である。

ダイレクトメッセージ編集

科目ID	20064206 データ構造とアルゴリズム
題名	期末試験課題⑧解答用紙(問1・問2)
公開設定	☒ 公開する
差し込み画像	☒ ヘッダーを公開 ☒ 本文を公開 ☐ フッタを公開
開始日	2006/08/01 書式:YYYY/MM/DD
終了日	書式:YYYY/MM/DD
本文の種類	その他データ(application/octet-stream)

図 12: 素材登録時に公開範囲も同時に指定

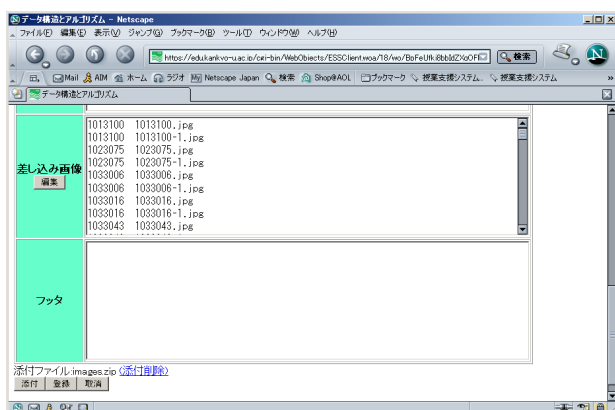


図 13: 学生に通知する画像を CSV 形式で一括指定

期末試験の解答用紙作成にあたっては、設問に合わせた A4 サイズの解答用紙をいったん Word で作成しておき、その後で QR コードの差し込み欄を設けるとい手順で作成した。差し込み欄を追加する際に Word 文書のレイアウト調整に時間がかかり、試験一回分の解答用紙を作成するのに今回は約 1 時間ほど時間を要した。作成した期末試験の解答用紙を図 16 に示す。

紙面に印刷する QR コードの寸法はスキャン時の読み取り解像度に応じて決める必要がある。素材から QR コードを検出するには QR コードの各ドットが鮮明に印刷されていることが重要であり、素材中の QR コードの大きさそれ自体に意味はないことに注意されたい。ただし、読み取り時の解像度を高く設定するとスキャン画像のサイズが大きくなるために、QR コードの検出・画像の加工に時間がかかってしまう。今回作成した解答用紙では規格上で最もサイズの小さい Level1 の QR コードを 16mm 四方の大きさで紙面に印刷した。

作成した用紙が実用上問題ないか確認するため、実際の期末試験の解答用紙(サンプル数 94)を用いて読み取り解像度毎に QR コードの検出にかかる時間・検出精度を測定した。紙面の読み取りには普段の業務で利用している Ricoh 製スキャナ IPSiO SCAN 3600DC[11] を用い、画像処理には DELL 社製の Precision 470 (Xeon 3.6GHz, 2GB RAM, Windows XP SP2) を用いた。読み取り解像度には、ディスプレイの表示解像度に近い 100dpi と印字解像度に近い 300dpi の 2 つを選択した。

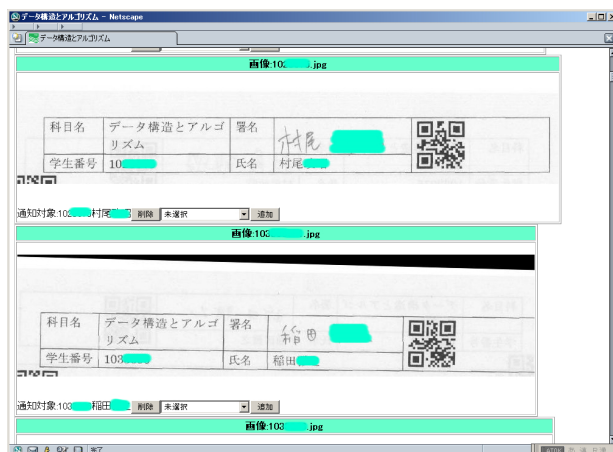


図 14: ヘッダー一覧画面で公開対象学生を確認



図 15: 学生用の個別通知閲覧画面

測定結果は表 2 のようになった。この結果から分かるように、今回作成した解答用紙は 100dpi, 300dpi いずれの読み取り解像度でも問題なく QR コードを検出できており、実用上問題ないと考えられる。画像一枚あたりの処理時間については一枚当たり 2 ~ 3 秒と決して高速とは言えないが、人手を介さずにバッチ処理されることから教員の作業負担にはならない。素材 100 枚を処理するのに 300dpi の時でも 5 分程度であるから、待ち時間としても十分許容できる範囲である。

6 まとめ

本報告では、記入者本人に迅速にフィードバックを返すことを目標に演習用紙・解答用紙といった紙素材を効率よく電子コンテンツ化する方式について考察を行い、QR コードの活用方法、ならびに開発した電子コンテンツ化システムについて述べた。1 つ目のポイントは電子化したい素材の紙面に科目番号・学生番号・記入欄を表す QR コードを前もって印刷しておくこと

表 2: A4 回答用紙一枚あたりの平均処理時間・QR コード検出率

読み取り解像度 (dpi)	スキャナ読取速度 (sec)	画像サイズ (KB)	QR コード検出時間 (sec)	検出率 (%)
100	5.0	216	2.3	100
300	9.9	408	2.6	100

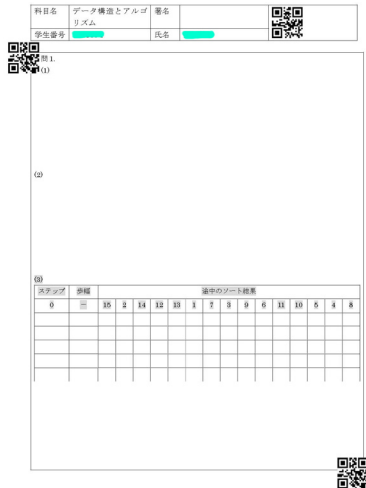


図 16: 実際に使用した期末試験解答用紙の書式

である。2 つ目のポイントはスキャナで読み取られた紙素材の画像から解析ライブラリによって QR コードの値と座標を検出し、素材の画像に対して自動的に記入者の対応付け、素材の匿名化を行うことである。

また、実際の科目運営において素材の電子コンテンツ化・配信を効率よく行えるよう、QR コード発行ツール・素材登録ツール・素材配信ツールを授業支援システムに統合した。担当科目において実際に期末試験の解答用紙を電子コンテンツ化し、実用上問題ないことを確かめている。今回は期末試験を対象としたため A4 サイズの用紙を用いたが、メモ用紙程度の A6 サイズの小さな用紙についても電子コンテンツ化を行いたいと考えている。その際、QR コードでは紙面に占めるサイズが大きいためマイクロ QR コードを用いる必要があると思われる。

本システムは演習用紙に印刷された QR コードをもとに素材の加工・タグ付けを行うために考案したものであるが、実際には十分な解像度で QR コードが画像に写り込んでいれば画像の元となる素材は何でも良い。

例えば、デジタルカメラやビデオカメラで QR コードを撮影した画像についても画像中の QR コードを読み取って加工・タグ付けすることが可能である。予備的な実験では QR コードの 1 モジュールが画像中で 3 ドット四方の大きさで写っていれば解析ライブラリでほぼ検出ことが分かっている。最近登場した民生用 HDV カメラでは 1080i(1920 × 1080) の解像度で動画の撮影

が可能であり、動画中の QR コードを検出すること自体は難しくないとされる。

演習用紙以外の動画・静止画素材についても引き続き研究を行っていく予定である。

謝辞

「QR コード ToolKit」の研究利用を許諾していただいたソフトアドバンス株式会社様にこの場を借りてお礼申し上げます。

本研究は文部科学省科学研究費補助金（課題番号 17700621）の援助を得て行われた。

参考文献

- [1] 永井孝幸, 松前進, 都倉信樹: 教員の作業効率向上を目指した授業支援システムの構築と運用, 社団法人日本工学教育協会論文誌工学教育 2005 年 3 月号 vol.53 no.2 pp.64-69
- [2] カラーイメージスキャナ ScanSnap
<http://scansnap.fujitsu.com/jp/>
- [3] e-文書法
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/others/e-bunsyoun.html>
- [4] 立命館大学 大学教育開発・支援センター
<http://www.ritsumei.ac.jp/acd/ac/kyomu/cer/qrcode.htm>
- [5] QR コード認識ライブラリ BarCatch QR
<http://www.hitachi-it.co.jp/barcode/barcode8.htm>
- [6] QR コード Toolkit
<http://www.softadvance.co.jp/qr/toolkit.html>
- [7] SourceForge.jp QR Code
<http://sourceforge.jp/projects/qrcode/>
- [8] 永井孝幸: 鳥取環境大学次期授業支援システムの開発, 第 82 回 情報処理学会研究報告 2005-CE-82, pp.7-14 (2005-12)
- [9] Java4Less RBarcode
<http://www.java4less.com/barcodes/barcodes.php>
- [10] MATLAB Image Processing Toolbox
http://www.cybernet.co.jp/matlab/products/product_listing/image/index.shtml
- [11] ネットワーク カラーレスキャナー IPSiO SCAN 3600DC
<http://www.ricoh.co.jp/scanner/IPSiO/3600dc/>