

動画を用いたテスト採点フィードバック支援システム

馬場 勝大[†] 塩澤 秀和[†]

本研究では、教育現場におけるテスト結果の生徒へのフィードバックに注目し、各生徒に対する個別のフィードバックを従来よりも容易に実現するため、教師がスマートフォンで撮影した答案採点動画をサーバーで処理し、各生徒が Web ブラウザでサーバーにアクセスすることでフィードバックを受けられるシステムを開発した。教師は答案採点中に生徒へのフィードバックがしたいときに、比較的容易に動画による聴覚的・視覚的な指導を行うことができるため、生徒へのフィードバックをより確実に行うことが可能になると期待される。また、本システムでは教師のための答案比較機能を備えており、全生徒の答案の同一の部分を取り、画面に並べて表示することができる。これにより、教師は生徒の誤答の傾向について検討することができる。

Test Feedback Support System Recording Video in Marking

KATSUHIRO BABA[†] HIDEKAZU SHIOZAWA[†]

Giving feedback to students about test results is helpful for their effective learning. In this paper, we report our system that allows teachers' to easily feedback to their students by using recorded video in marking. After a test or examination, a teacher records marking process with spoken comments with smartphone. The system read the video fine and split it into separate files to corresponding students. By accessing Web pages generated for them, the students can watch the video and receive the teacher's feedback. The system also supports the comparison view that shows all the answers of a specific question in the same page.

1. はじめに

学校をはじめとする教育現場においては、解答を答案用紙等の解答欄に記述する筆答式のテストや演習が行われる場面が多い。特に、教師が自分の授業に合わせて作成したプリントを用いることは、対象とされた生徒の学習効果を高め、授業の復習に役立てたりするのに有効である。著者らが小・中・高等学校で学んでいたときにも、教師の作成したプリントを活用した授業が多く行われていた。

このようなテストや演習では、単に生徒の解答を採点するだけでなく、生徒の解答に対してコメントを書き込んで返却したり、個々の生徒に口頭で学習のアドバイスを与えたりする「フィードバック」を行うことが望ましい。著者のひとりが教員免許取得のために教育実習を行った学校でも、教師は生徒の授業理解度の確認のために演習プリントを作成し、それによって各生徒がどれだけ授業内容を理解しているかを確認し、適宜生徒にプリントを参照しながらフィードバックを行っていた。

しかし、従来からの方法では、プリントの作成と採点だけでなく、各生徒に対する適切なフィードバックを行うことは教師にとって非常に負担が大きかった。1人の教師が担当する生徒の人数が多いため、答案を手作業で採点し、それに加えて間違えた問題に対して各生徒に個別にコメントを書き込むなり、面談するなりしてフィードバックを確実に行うとなると、相当な時間および労力を費やす必要になってしまう。

そこで本研究では、テストの採点・返却における生徒へのフィードバックに注目し、個々のフィードバックを従来よりも容易に実現するために、教師による答案の採点過程を撮影し、その動画を用いることで適切なフィードバックを支援するシステムの提案と開発を行った。本研究が対象とするテストや演習は、記述式の数学の演習問題など、生徒自身が自力で解答欄に解答を記入するプリントである。

本研究で提案するシステムは、学校現場での利用を想定している。まず、教師は生徒の解答を採点・添削している状況をスマートフォンで撮影する。そして、採点しながら生徒にフィードバックすべきことがあれば筆記や音声によってその場でフィードバックを行い、その内容を録画・録音する。全員分の採点が終わったら、撮影した動画をシステムに読み込ませると、システムはそれをサーバーで処理して各生徒専用の Web ページを作成する。こうすることで、各生徒は自分のページにアクセスして、学校だけでなく自宅等でも教師の音声付きの採点動画を視聴し、確実に個人個人に対するフィードバックを受けることができる。

2. 関連技術

記述式のテストにおいて教師の採点を支援するシステムとしては、手書き文字認識による採点支援システム[1]が製品化されている。このシステムは事前に答案用紙に採点の解答、配点などの属性を設定し、手書きの筆記データを読み取ることで、手書きの文字を認識して採点を自動で行うシステムである。このシステムでは、従来型の答案用紙の電子化と点数の自動計算、そして採点結果の CSV 形式での出力が可能であり、教師自身が作成した答案用紙にも対応

[†] 玉川大学工学部ソフトウェアサイエンス学科
Department of Software Science, Tamagawa University
shiozawa@eng.tamagawa.ac.jp

させることができる。ただ、一般的にこのような自動採点支援システムは、生徒に対するフィードバックを想定したものでなかった。

生徒に対するフィードバックを含めたシステムとしては、富士通の手書き電子ドリル[2]がある。これは、教師が専用のツールで問題を作成し、生徒（児童）がタブレット PC を用いて手書きでそれに解答するシステムである。システムが自動で手書き文字の認識と採点を行い、漢字の筆順やはねなども自動で確認し指摘する。生徒は、間違っただけをその場で反復学習することができ、実際に手を動かして書くことによって基礎学力の向上が期待される。このソリューションも CSV 形式で学習履歴の管理を行うことができるが、問題の作成は専用のフォーマットからのみ可能であり、そのフォーマットは主に小学生向けのものなので、特に中学校、高等学校においては問題作成の柔軟性が十分とはいえない。

情報通信技術を利用して、教師の採点の効率化と生徒へのフィードバックを実現しているものとしては、通信教育最大手のベネッセの小学生向け講座『進研ゼミ』で選択することができる電子添削・返却サービス[3]がある。これは、学習者が郵送した答案を本部でスキャナによって電子化することで、添削指導員（いわゆる「赤ペン先生」）が書類のやりとりをせずにペンタブレットを用いてコンピュータ上で添削を行えるようにするとともに、添削された答案を Web サイトを通して各顧客に返却することで、生徒がインターネット上で添削された答案を閲覧することができるサービスである。添削の過程がアニメーション表示される機能もあり、学習者は視覚的なフィードバックを得ることができる。

また、レポートやエッセイの添削においては、添削や記述だけでは教師のフィードバックにかかる労力が大きく、生徒の中にも添削の文章を注意深く読まない者がいるため、音声や動画で教師のコメントをつけるフィードバック手法が数多く提案されている[4][5]。Microsoft Word などのワープロソフトでは、共同執筆や添削指導のために音声によるコメントを付けられる機能があり、教育現場で生徒（学生）から電子的に提出された文書ファイルに対して、教師の添削とともに音声コメントを埋め込むことができる。

以上、現在さまざまなシステムが提案されているが、紹介したような技術は、導入するための設備やコストなどの点や、コンピュータ等の機器の操作に慣れていない教師でも使用できるかという点において、現実的に考えると実際の教育現場で一律で導入するには多少敷居が高いと考えられる。そこで我々は、新たに複雑な操作を行う必要がなく、教師の指導力を活用することができるとともに、従来の採点方法に付加する形で利用することができるフィードバック支援システムの実現を考えた。

3. 採点動画によるフィードバックの提案

本研究では、通常の紙の答案の採点プロセスをスマートフォンで撮影するという比較的容易な方法を用いることにより、生徒の学習効率向上と教師の採点支援の両面で支援するシステムを提案する。以下に、本研究における提案の目的と特徴をまとめる。

3.1 フィードバックの種類と有効性

テスト、演習、口頭発表等において、教師が生徒の解答にコメントを述べて生徒の理解を助けることを「フィードバック」と呼び、生徒の効果的な学びを促すための重要な手法とされている。生徒に対するフィードバックは、否定的フィードバックと肯定的フィードバックの2種類に分類される[6][7]。

否定的フィードバックとは、生徒の解答や考えに誤りがある際に行うフィードバック方法である。否定的フィードバックは、さらに、明示的に行うものと暗示的に行うものの2つに分けられる。明示による否定的フィードバックは、「ここが違う」といったように、生徒の解答の誤りを教師が直接指摘するものである。一方、暗示による否定的フィードバックは、「あれ?」「計算が合わないな」といった教師の発言から、間接的に解答の一部分に誤りがあることを伝え、生徒が自ら誤りを発見することを促すものである。

一方、肯定的フィードバックは、「正解です」とか「この考え、良く思いついたね」といったように、生徒の解答が合っていることを示したり、生徒の考えを褒めたりするものである。

近年、各生徒の特性や問題の難易度に応じて、否定的フィードバックと肯定的フィードバックを使い分けながら、適切にフィードバックを行うことが教育上効果的であることが、研究によって明らかになってきている[6][7]。

3.2 動画によるフィードバックの提案

本研究では、従来の採点方法に付加する比較的容易な方法でフィードバックを実現する方法として、答案の採点中の様子をスマートフォン等のカメラを用いて撮影した動画を利用したフィードバック方法を提案する。そのために、採点前に答案に生徒固有の QR コード[8]を貼り、コンピュータによって撮影動画を処理する。

我々は、本システムによってもたらされる効果は生徒側、教師側の双方にとって意味のあるものだと考える。

生徒側のメリットとしては、Web で個人向けの動画を閲覧する方式により、教師からの視覚的な指導を学校内の PC だけでなく、インターネットを介して学校外でも受けることができるようになるなど、個々の生徒が従来よりも確実なフィードバックを得ることが期待されることである。

教師側のメリットとしては、フィードバックに関わる時

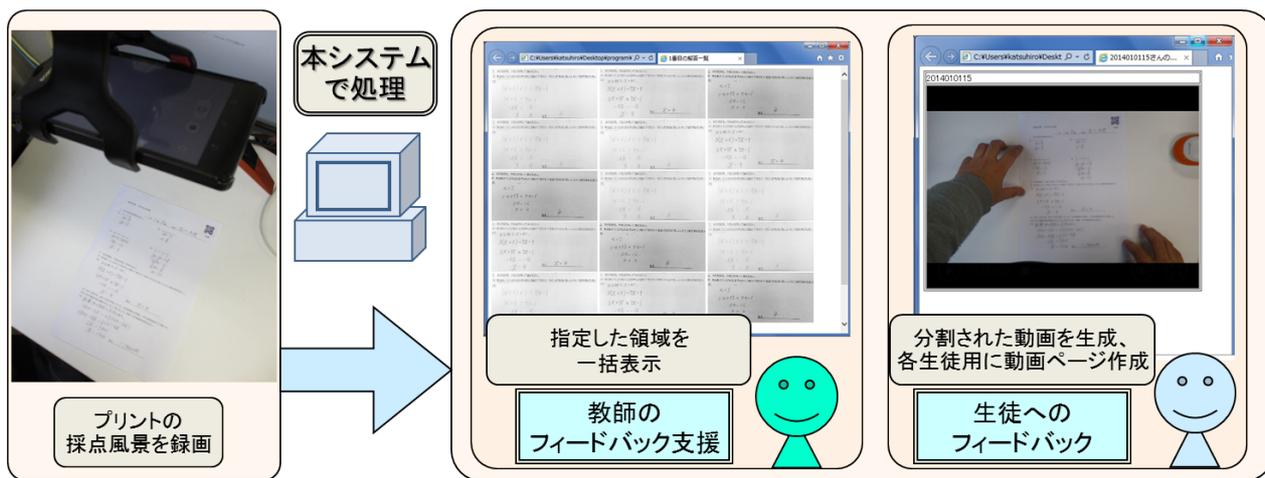


図1 動画を用いたテスト採点フィードバック支援システムの概要

間の削減が期待でき、また本システムの機能である全生徒の答案比較機能によって、誤答等の傾向の発見を従来よりも容易に行うことが可能になることが挙げられる。

なお、本提案は教育現場で従来から行われてきた、答案にコメントを記述することによる添削指導や個人面談方式によるフィードバックを完全に置き換えることを意図したものではない。採点動画では伝えきれないような説明は、従来通り面談等で行えばよいという立場である。

3.3 提案システムの概要

本研究で試作したシステムの概要を図1に示す。本システムの主要な機能をまとめると以下の3つとなる。

- QRコードを利用した答案ごとの動画分割機能
- 各生徒のフィードバック用Webページの生成
- 答案の指定領域を全生徒分並べて表示する機能

本システムでは、撮影した採点動画を各生徒の答案の部分に分割するために、広く普及しており生成・認識が容易なQRコードを利用した。また、生徒が各自の採点動画を閲覧してフィードバックを得るためにはWebサーバーを用いることによって、PCだけでなくスマートフォン等からのアクセスにも対応する。

動画の撮影はスマートフォンのカメラ機能を利用すれば良いため、教師によるシステムの導入は比較的容易である。さらに、採点動画から答案の指定した領域を切り出して全生徒分並べて表示する機能によって、教師側にも十分に導入のメリットがあるシステムであると期待される。

3.4 システムの利用の流れ

本システムの利用と処理の流れは次の通りである。

- ① テストを実施する。その際、同一のフォーマットの答案用紙または解答欄を使用する。
- ② 答案用紙の認識と管理のために各生徒固有のQRコードを準備しておき、採点前に答案用紙に貼り付ける。

③ 教師は、スマートフォン等のカメラを用いて答案全体が映るように撮影しながら採点する。その際、各生徒に対するフィードバックがあれば音声も使って説明する。

④ クラウドサービス等を用いるかUSB等の接続ケーブルを用いて、録画した動画を本システムに取り込む。

⑤ 本システムのプログラムを起動すると、QRコードによって動画内の答案用紙を認識し、各生徒の答案の採点ごとに動画が分割されて保存される。

⑥ 各生徒用に採点動画をインターネット上で閲覧するためのHTML文書も同時に生成される。

⑦ 分割された動画とHTML文書がWebサーバーでアクセス可能に設定されるので、まず教師が確認する。

⑧ 生徒は学校または自宅のPCからパスワードを入力してサーバーにログインし、各自のWebページを閲覧することで、個別のフィードバックを受ける。

さらに、教師の採点を支援する機能として、⑤の処理前に教師が生徒の答案を比較したい領域を指定しておけば、動画からその領域を静止画として切り出して、全生徒分を並べて表示するHTML文書を生成することができる。これは、領域を複数指定することも可能であり、それぞれ別々のHTML文書を生成することができる。

4. 本システムの詳細

本章では、前章の提案に基づいて我々が試作したシステムの機能と構成を、システムの利用の流れに沿った順序で詳しく解説する。

4.1 QRコードによる答案用紙認識

教師は生徒に対して従来と同じ方法でプリントによる演習・テストを行えばよいが、生徒からプリントを回収する際に各生徒のQRコード(図2)を各プリントに貼り付け、生徒に提出してもらう。これによりQRコードによる生徒ごとの答案管理を行うことが可能になる。

本システムを利用するにあたって事前に各生徒固有の QR コードが印刷されたシールを用意する必要がある。これによって、本システムは、撮影した動画を処理する際に各生徒の答案用紙の認識及び管理を行う。

今回試作したシステムでは、QR コードの値については入学年度、学年、組、出席番号で構成された 10 桁の整数としている。例えば、2014 年度に入学し、1 年 1 組出席番号 1 番である生徒の QR コードの値は 2014010101 とする。



図 2 生成された各生徒の QR コード

4.2 採点の様子の撮影

次に、教師は生徒から提出されたプリントの採点を行う。その際にスマートフォン等のカメラを答案全体が映るように設置し、採点中の様子を録画する(図 3)。採点動画を生徒に配布する際に各生徒にフィードバック指導を行いたい箇所では、採点しながら教師の声で解説を加える。



図 3 スマートフォンによる採点の様子の撮影

4.3 動画の取り込み

採点光景の録画が終了すると、スマートフォン内には動画ファイルが生成される。現在の試作システムでは、スマートフォンからクラウドサービス等を用いるか USB 等の

接続ケーブルを用いて、撮影した動画ファイルを本システムの処理サーバーに取り込む。本システムが対応する動画のファイル形式は、スマートフォンでの撮影を前提として、Android や iPhone で動画を撮影した際の拡張子である MP4 形式と MOV 形式である。

動画ファイルを取り込み、本システムのプログラムを起動すると、はじめに動画の選択ダイアログのウィンドウが表示されるので、先程録画した採点光景の動画を選択する。次に、保存先フォルダの選択ダイアログで保存フォルダを指定すると、各答案への分割処理が開始される。分割された各動画のファイル名は QR コードの値となる。

4.4 QR コードによる答案用紙認識

プログラムの処理が開始されると、動画を一定フレームごとにキャプチャし、キャプチャされた画像内に QR コードが存在するかを走査する。本システムの開発はプログラム言語として C++ を使用し、読み込んだ動画のキャプチャおよびキャプチャした画像の切り取りと合成処理に OpenCV ライブラリ[9]、画像内の QR コードの検出に ZBar ライブラリ[10]を利用した。

QR コードの走査にあたっては、キャプチャした画像を 2 値化したもの(図 4)を一時的に PNG 形式の画像として保存し、ZBar ライブラリを利用して、その画像を読み込み、QR コードが存在するかを走査する。QR コードが存在しない場合は何も処理を行わず、QR コードが存在した場合はその QR コードの値を読み取る。

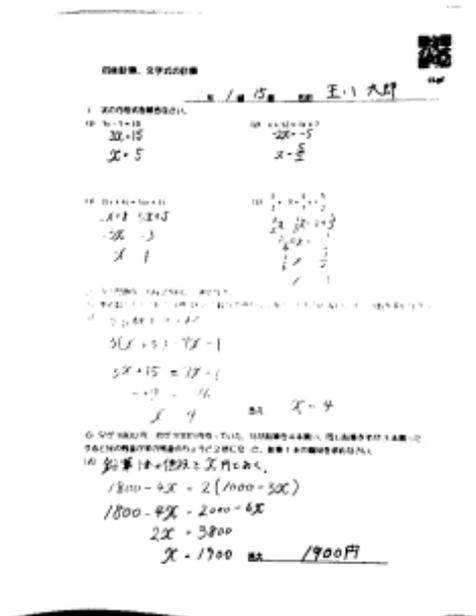


図 4 2 値化されたキャプチャ画像

4.5 動画分割時間に則った動画の分割

さらに、答案用紙の変更を区切りとして動画を分割するために分割のための時間を算出する。分割時間の計算方法は、動画内の QR コードが何フレーム分映っていたかを調

ることにより、それぞれの答案が映っていた時間を計算する。具体的に算出方法を説明したものを図5に示す。

QRコードの値が前回のフレームのときに読み取った値と異なった場合、前の区切りからのフレーム数を記録し、そのフレーム数を動画のフレームレート (fps) で割ることにより、分割時間を導き出すことができる。同様の処理を動画の最後のフレームまで達するまで繰り返し行うことで動画の分割時間を決定する。



図5 QRコードの認識処理

動画の分割処理については MP4Box[11]を使用した。まず、動画のファイル名と QR コードの走査により計算した分割時間をコマンドライン引数として MP4Box を連続実行する BAT ファイルを出力し、その BAT ファイルを自動実行することで各生徒への動画の分割が完了する (図6)。

その際、出力ファイル名は各生徒固有の QR コードの値となり、指定したフォルダに分割動画が出力される。

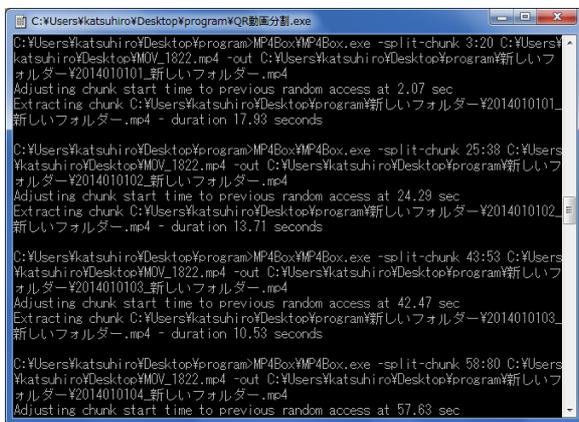


図6 MP4Boxによる動画分割処理



図7 生成された各生徒のHTML文書

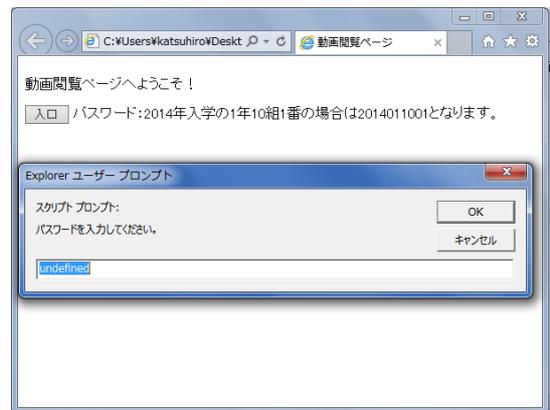


図8 パスワード入力画面

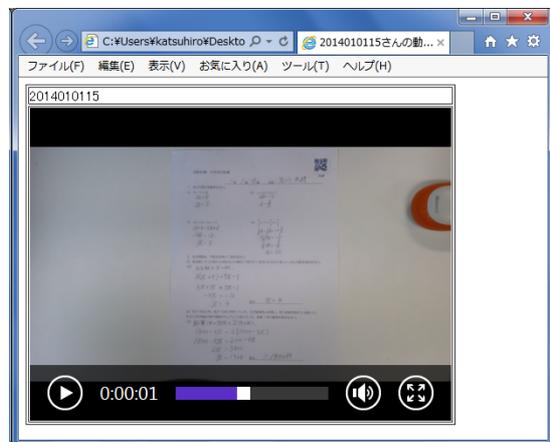


図9 Web ページ上での動画閲覧

4.6 各生徒用 Web ページの生成と閲覧

動画分割処理の際には、動画中に認識された QR コードに基づいて各生徒用の動画閲覧用ページの HTML 文書も生成される (図7)。動画閲覧用ページはスマートフォン、コンピュータのどちらでも閲覧可能なページスタイルとしている。

最後に、システムで出力された動画と HTML 文書を Web サーバーによってアクセス可能にする。生徒はパスワードを入力して各自の専用 Web ページにアクセスすることによって動画を閲覧することができる (図8, 図9)。

4.7 教師のための答案比較機能

本システムでは、キャプチャ画像内の QR コードを認識したとき、そのキャプチャ画像上でまとめて表示したい任意の領域をドラッグ&ドロップで指定することができる (図10)。領域を選択した後、ウィンドウ上で Enter キーを押すと領域の指定を終了する。この操作によって枠で囲まれた領域が切り抜かれ、画像として保存される。領域は最大で 10ヶ所指定することができる。

以後、新しい QR コードを認識するたびに同じ領域が切

り抜かれ、画像として保存される。この処理が繰り返し行われることで、指定された領域が全生徒分画像として保存され、最後に全生徒分の切り取った画像を一括で閲覧することができる HTML 文書が生成される。

以上により教師のフィードバック支援のための機能である答案比較表示を実現した (図 11)。

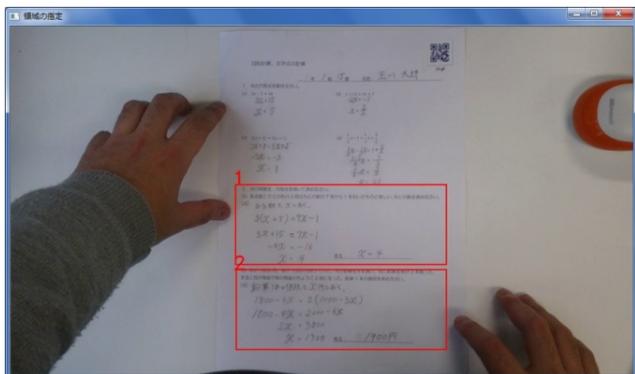


図 10 生徒の答案を比較したい領域の指定

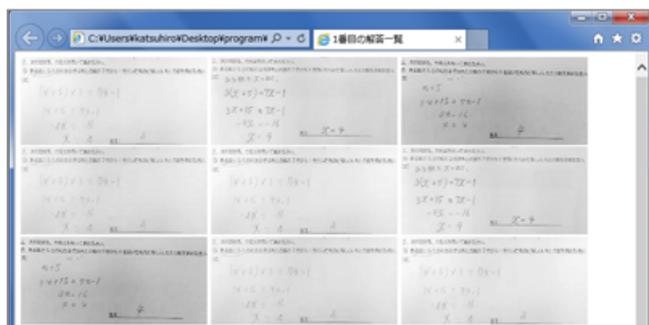


図 11 答案比較表示の例

5. 現状と課題

今後の最大の課題として、利用実験や教育現場での試用によって、本システムの有効性を教師・生徒の双方の視点から評価することが必要であると考えている。

我々が開発の過程で実際にシステムを利用して採点を行ってみたところ、本システムでは単純な語句の穴埋め問題等よりも、数学などの記述式の問題で各生徒の理解度に差が出やすい問題に対して利点があると感じた。

しかし、採点の様子がそのまま動画として利用されるために、教師が採点を行いながらフィードバックを行うことに慣れていないとシステムを十分に活用することができない可能性も指摘された。よって、教師は本システムの有効性や活用法について理解した上で積極的な活用しようとしてもらうことが大切になってくる。

現在のシステムでは、一部手動の処理が残っているのですが、今後システムの処理の自動化を進め、最終的には、採点の様子の撮影と答案比較領域の指定以外は、動画の取り込み

から Web サーバーへの配置までを全自動で行うシステムを実現したい。

また、生徒の QR コードの印刷・貼り付け等の準備に手間がかかることも問題であるが、この点は、事前に QR コードのシールの綴りを生徒に配布し、テスト時に各生徒に貼ってもらうか、QR コードを使用しないマークシート等の方法で答案を認識することで改善できるものとする。

QR コードの認識精度の改善も課題である。動画のキャプチャから QR コードを走査するため、撮影した動画の解像度が低いときや、QR コード部分に光が当たるなどして、一部分が見えづらい状態になると QR コードが認識されないことがある。QR コードが見えやすい大きさ、シールの素材、撮影方法や、他の答案認識方法の検討を進めたい。

6. おわりに

今回、答案の採点風景の動画を用いたフィードバックの方法を提案とそのシステムを開発した。本システムの機能をまとめると以下の通りとなる。

- QR コードを利用した答案ごとの動画分割機能
- 各生徒のフィードバック用 Web ページの生成
- 答案の指定領域を全生徒分並べて表示する機能

現在の本システムでは、特に数学などの記述式の問題に対してのフィードバックに特に利点があると考えているが、学校教育現場に限らず、多くの場面で活用することができるシステムであると考えている。

今後、試作システムをさらに改良し、実際に授業で利用することで、教師・生徒の双方の視点からシステムの有効性を評価することが必要であると考えている。

参考文献

- 1) アイラボ株式会社: 採点支援システム, <http://ilabo.biz>
- 2) 富士通株式会社: 手書き電子ドリル, <http://jp.fujitsu.com/solutions/education/products/handsstudy>
- 3) ベネッセ株式会社: 進研ゼミ小学講座「ネット返さやく」, <http://www.benesse.co.jp/s/land/all/new56/akapen/>
- 4) Bunyan, N, King, D & McGugan, S: Does it make a difference? Replacing text with audio feedback, Practice and Evidence of Scholarship of Teaching and Learning in Higher Education. Vol. 3, No.2, pp. 125 – 163 (2008).
- 5) Cavanaugh, A. J. & Song, L.: Audio Feedback versus Written Feedback: Instructors' and Students' Perspectives, MERLOT Journal of Online Learning and Teaching, Vol.10, No.1, pp.122-138 (2014).
- 6) 横溝紳一郎, 教師からの肯定的フィードバックに対する反応に学習者の多様性が与える影響, 日本語教育方法研究会誌, Vol.5, No. 2, pp.2-3 (1998).
- 7) 有馬淳一, 古川嘉子: 授業のヒント「学習者の発話にフィードバックする」, 日本語教育通信第 42 号 (2002).
- 8) (株) デンソーウェア: QR コード, <http://www.qrcode.com>
- 9) Intel Corporation, et al.: OpenCV: Open Source Computer Vision Library, <http://opencv.org> (2008-)
- 10) Jeff Brown: ZBar barcode reader, <http://zbar.sf.net> (2007-)
- 11) GPAC: MP4Box, <http://gpac.wp.mines-telecom.fr/mp4box/> (2000-).