

携帯情報端末を利用した教育到達度評価システム：
出席管理システム・授業評価システム・レポート提出
管理システム

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2007-06-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松村, 健児, 黒岩, 丈介, 平田, 隆幸, 久保田, 直行, 浅井, 竜哉, 高橋, 勇, 小高, 知宏, 小倉, 久和, MATSUMURA, Kenji, KUROIWA, Jousuke, HIRATA, Takayuki, KUBOTA, Naoyuki, ASAI, Tatsuya, TAKAHASHI, Isamu, ODAKA, Tomohiro, OGURA, Hisakazu メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/847

携帯情報端末を利用した教育到達度評価システム －出席管理システム・授業評価システム・レポート提出管理システム－

松村 健児* 黒岩 丈介* 平田 隆幸* 久保田 直行*
浅井 竜哉* 高橋 勇* 小高 知宏* 小倉 久和*

Evaluation System of Educational Achievement Level with Use of Cellular Phone －Attendance Control, Faculty Evaluation, and Term Paper Submission Control System－

Kenji MATSUMURA*, Jousuke KUROIWA*, Takayuki HIRATA*, Naoyuki KUBOTA*
Tatsuya ASAI*, Isamu TAKAHASHI*, Tomohiro ODAKA* and Hisakazu OGURA*

(Received February 20, 2004)

The system composed of attendance control, faculty evaluation and term paper submission control is constructed by means of the WEB technology of CGI and Perl. The system is applicable on cellular phone in order to supply the user's environment independent of network infrastructures. Moreover, we perform system evaluations by students who had been making use of the system in each of three kinds of lectures. It is found that most of our purposes are achieved.

Key Words : Cellular Phone, WEB System, User's Environment Independent, Attendance Control, Faculty Evaluation, Term Paper Submission Control

1. 緒 言

近年、ネットワークの急速な普及に伴い、ネットバンキングやネットワークショッピングといった、WEB システムを利用したビジネスが急速に普及しつつある。また、PDA (Personal Digital Assistant) や携帯電話といった携帯情報端末からも利用可能なネットワークビジネスサイトが増加しつつある。若者の間では、電子メールも今や計算機から行うものではなく、携帯電話から行うことが一般的である。

このような状況を考え、我々は、携帯情報端末の利用の手軽さを利用した、教育支援システムの開発の可能性を検討する。これまでも、計算機やネットワークを利用した多数の授業支援システムが研究開発されている^[1-8]。また、福井大学・工学部でも、機械工学科の本田らが中心となって、教育 COE を目標とした、「JIBUN 探求支援プログラム」という考えの実現を目指し、研究開発を行っている。これも、

ネットワークを利用したものである。しかしながら、計算機から WEB ブラウザ利用のみを想定すると、当然計算機のある環境下での利用に制限されてしまう。そのため、通常講義は講義室で行われるため、計算機の利用は不可能となる。但し、福井大学・総合研究棟 I の総合大 1 及び総合大 2 といった講義室では、DHCP Server が導入されており、ノート型計算機等を持参し利用すれば、WEB ブラウザの利用が可能となる。しかしながら、講義や演習等で利用するためには、同じ環境下で構築された計算機を利用することが望ましい。そのためには、学生全員に指定の計算機を購入してもらう必要が生じる。

一方、携帯電話は急速に普及し、特に大学生における携帯電話の普及率は 98% にのぼるとさえいわれている。実際、これまでも、講義の中で、携帯電話を用いた電子メールによる出席確認を実施してきていたが、携帯電話を所有していないため利用できないというような学生は見受けられなかった。むしろ、一部学生からは、このような方法による出席確認は、手軽で好評であった。

そこで、本研究では、携帯電話から利用することを前提とした、教育到達度評価システムを研究開発

* 知能システム工学科

* Dept. of Human and Artificial Intelligent Systems

することを目的とする。特に、その中でも、教授者側の視点に立ち、教授者の負担を軽減する形でこのような評価を実施可能とするようなシステムを構築することを主な目的とする。そこでまず、

1. 出席管理システム
2. 授業評価システム
3. レポート提出管理システム

というようなシステムを構築した。いずれのシステムも、利用者は携帯電話、及び携帯情報端末もしくは計算機の WEB ブラウザから利用することが可能である。また、このシステムを管理する側は、WEB ブラウザを用いて管理しデータ収集をおこなうことが可能である。更に、システムの評価実験として、実際に福井大学での 3 種類の講義の中で約 3 ヶ月程利用してもらい、実際に利用した学生に対してシステムの評価アンケートを実施した。そして、得られた結果についての考察を与える。

2. 教育到達度支援システム構築

2.1 システム構築の方針

各システムを構築する際、出来るだけ用いる端末に依存しない柔軟な WEB システムとすることを第一のシステムを構築する際の必須要件とする。特に、携帯電話から利用可能であることが必須要件である。そして、出席管理、授業評価及びレポート提出管理の各システムで出力される記録データは、統合したデータベースに保存される。つまり、各々のシステムを統合するためのメインシステムが必要である。このように、データベースを共有することで、出席状況の記録、授業評価の結果、提出されたレポート及び提出者リストなどのデータを一元管理できる。その際、複数の受講生が本システムを同時に利用可能とするために、同時アクセス、データベースへの同時処理を実現する必要がある。更に、端末依存性を出来るだけなくするためには、EUC、JIS、Shift-JIS といった文字コード依存性を考慮する必要がある。

以下に、1. 授業評価システム、2. 出席管理システム、及び 3. レポート提出管理システムに分けて、更に利用者側及び管理者側からの必須要件にわけ、システムの構築方針を与える。その際、いずれのシステムも、(1) 利用者である学習者と (2) システムによって得られたデータを管理 (処理) する教師 (管理者) によって、システムに要求される必須要件は異なる。そのため、各々の場合に分けて、要求され

る機能を以下で検討する。

2.1.1 出席管理システム

学生は、携帯電話からこのシステムを利用して、授業の開始時のある時間内に、その講義へ出席したことを登録する。そのため、以下のような機能が必要となると考えられる。

- 個人認証。
- 出席登録。
- 出席登録が正しく行われたことの確認。
- これまでの出席状況確認 (必ずしも必要ではないと思われるが、学生からは強い要望)。

一方、教師はこのシステムを主に計算機等から利用し、学生の出席状況を管理する。その際、必要となる機能を以下に与える。

- その日の各学生の出席状況及びこれまでの出席状況一覧表示。
- 学生データの新規一括登録。
- 各学生データの追加、削除、修正。
- 他のソフト (エクセル等) で統計処理等を行うことを可能とするため、データを様々な形式 (csv, tsv, xml) でエクスポート可能であること。
- パスワードによる認証、及びパスワードの一括・学生毎の登録。これは、携帯電話より学生が利用することを前提としているため、家からでも利用可能である。そこで、毎回授業開始時に異なるパスワード発表し、そのパスワードを入力しないと本システムを利用出来なくすることで、この問題を解決できるのではと考えた。
- 出席登録可能時間の設定。これは、授業への遅刻する者を減らすこと、及び上の不正出席登録をしにくくすることをねらいとしている。
- 出席処理を行った時間及び IP アドレスなどの接続元情報表示。これも、学生の不正出席登録をチェックし予防するためのものである。

2.1.2 授業評価システム

授業評価システムは、授業の終了時に、その日の講義内容、教授方法について、個々の学生が本システムを用いて、各項目について評価を行うものとする。また、単なる項目毎に単一に評価を実施するだけでなく、学生の声をより反映できるようにするために、自由な意見や質問をできるようにする。また、それに対する教師側からの意見や回答を記述可能に

することで、双方向の情報のやり取りが可能となると考える。そこで、WEB 掲示板のような機能が望まれる。

以上の点を踏まえ、学生側にとって以下のような機能が必要となると考えられる。

- 授業評価項目の評価値入力を容易にする。
- 評価項目の確認、訂正。
- 実際の評価結果表示（必ずしも必要ではないが、学生に実際に評価に参加していることを意識させるには重要と考える）。
- 自由な意見や質問を記述可能であること。

一方、教師はこのシステムの管理者となるのだが、各自の目的に応じてデータを処理することを可能とするためのシステムである。そのため、以下のような機能が必要となると考えられる。

- 評価項目及びその評価段階数（点数）の設定、修正、削除。
- 評価結果の統計処理（平均、分散等）。
- 評価結果のグラフィカル表示。
- 評価結果及び統計処理結果データを様々な形式（csv, tsv, xml）でエクスポート可能であること。
- 個人認証（必ずしも必要ではないが、評価に積極的に参加する意思があるかどうかを知ることができる。その意味で、各個人がどのような評価であったかまでは分かる必要はない）。
- 自由な意見や質問の記述へ対する回答を記述可能であること。

2.1.3 レポート提出管理システム

レポート管理システムでは、学生は本システムを用いて与えられた課題レポートを提出する。その際、以下のような機能が必要となると考えられる。

- 個人認証。
- レポート本文やその他添付書類（プログラムや実験データ等）といった複数の書類を提出可能である。
- 提出データの確認。
- 提出データの変更及び削除。

一方教師は、このシステムを利用して、提出されたレポートの管理及び提出者リストデータの処理を行う。その際、以下のような機能が必要となると考えられる。

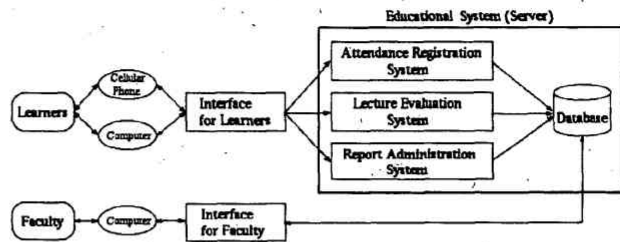


図1 本システムの全体構成

- 各課題及びトータルでの提出状況表示。
- 提出日時の表示。
- 提出内容表示。
- 提出状況のデータを様々な形式（csv, tsv, xml）でエクスポート可能であること。

2.2 システムの設計と実装

前節で述べた設計方針及び各システムに要求される機能を CGI 及び Perl を用いて WEB サーバ上に実装した。WWW サーバは apache を、SMTP サーバは qmail が用いられており、それらは Debian GNU/Linux による一つのサーバ上に構築されている。

図1に実際に実装したシステム全体の構成を与える。本システムには、出席管理システム（Attendance Registration System）、授業評価システム（Faculty Evaluation System）、及びレポート提出管理システム（Term Paper Administration System）からなる。そして、各々のシステムのデータは、共通のデータベース（Database）で一元管理される。学生（Learners）及び教員（Faculty）は、それぞれ専用の異なるインタフェースから本システムを利用する。

以下に、各々のシステムの構成とその実装例を、システム毎に与える。

2.2.1 出席管理システム

作成した出席管理システムの構成を図2に与える。学生は、学生用のインタフェース（Interface for Learners）を携帯電話から操作することで、本システムが利用可能となる。その際、学生番号（Learners ID）とパスワードを入力することで、認証部（Authentication）で認証を行う。認証に成功し、かつ制限時間内の場合に限り、Attendance Data に出席登録を行う。そして、Result of Authentication により、出席登録が実施された場合は登録処理を行ったこと、実施されなかった場合はそのことを、学生に提示する。Learners Data には、各学生の学生番号、Class Data にはその日の講義毎のパスワードが登録されており、認証を行う際にこれらのデータを利用する。

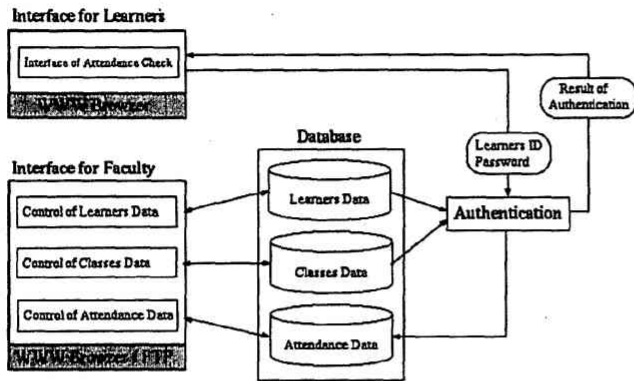


図2 出席管理システム構成

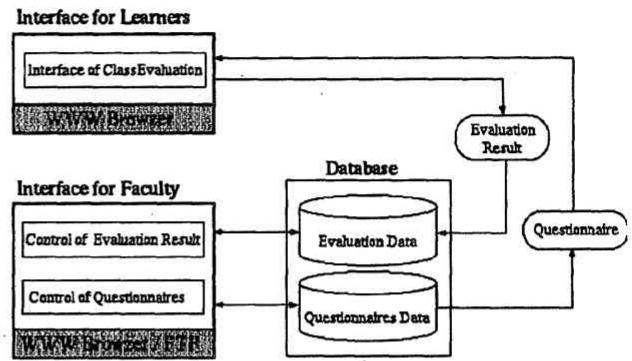


図5 授業評価システム構成

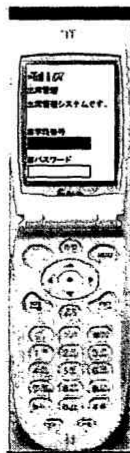


図3 出席管理システムの学生用インタフェース



図6 授業評価システムの学生用インタフェース

図4は出席管理システムの教師用インタフェースのスクリーンショットである。画面には「出席管理システム 管理パネル」というタイトルがあり、検索条件として「学号」(Student ID)と「パスワード」(Password)が指定されている。下部には携帯電話のキーパッドが見える。

学号	氏名	初回登録日時	最終更新日時	最終出席日時	有効期限	有無
flatau	-	03/11/04 15:33:53	03/11/04 15:33:53	03/12/16 21:05:57	5	-
hiroo	-	03/11/04 15:35:48	03/11/04 15:35:48	03/12/16 13:43:31	34	-
hisada	-	03/11/04 15:35:20	03/11/04 15:35:20	03/12/16 12:16:07	26	-
inoue	-	03/11/04 15:41:03	03/11/04 15:41:03	03/12/16 13:38:36	17	-
ishii	-	03/11/04 15:27:07	03/11/04 15:27:07	03/12/11 23:58:05	21	-
kobayashi	-	03/11/04 15:37:27	03/11/04 15:37:27	03/11/04 15:37:27	0	-
kurokawa	-	03/11/04 15:32:51	03/11/04 15:32:51	03/12/16 10:05:23	31	-
matsumura	-	03/11/05 13:19:54	03/11/05 13:23:01	03/12/16 15:12:15	38	-
matuo	-	03/11/04 15:39:23	03/11/04 15:39:23	03/12/12 13:08:38	21	-
mitohara	-	03/11/04 15:34:44	03/11/04 15:34:44	03/12/16 21:09:47	27	-

図4 出席管理システムの教師用インタフェース

一方、教師は、教師用インタフェース (Interface for Teacher) を用いて、2.1.1 節で述べた各種機能を利用することができる。

図3に、実際に作成した、携帯電話から利用した場合での、出席管理システムの学生用インタフェースの使用例を与える。学生用インタフェースは、WEB ブラウザを利用する場合のものも作成した。更

に、図4に、実際に作成した出席管理システムの教師用インタフェースの使用例を与える。現在のところ、教師用インタフェースは携帯電話からも表示することは可能であるが、利用可能な全ての機能を利用することは出来ない。

2.2.2 授業評価システム

作成した出席管理システムの構成を図5に与える。学生は、学生用のインタフェース (Interface for Learners) を携帯電話から操作することで、授業評価を行える。各評価項目の評価結果を Interface of ClassEvaluation を用いて入力することによって、評価結果が Evaluation Result を介して Evaluation Data に保存される。一方、教師は、教師用インタフェース (Interface for Teacher) を用いて、2.1.2 節で述べた各種機能を利用することができる。特に、学生が自由記述した内容に対し、Questionnaires Data へ回答を登録することで、Questionnaire を介して質問に対する回答を与えることが可能である。

図6に、実際に作成した、携帯電話から利用した場合での、出授業評価システムの学生用インタフェ

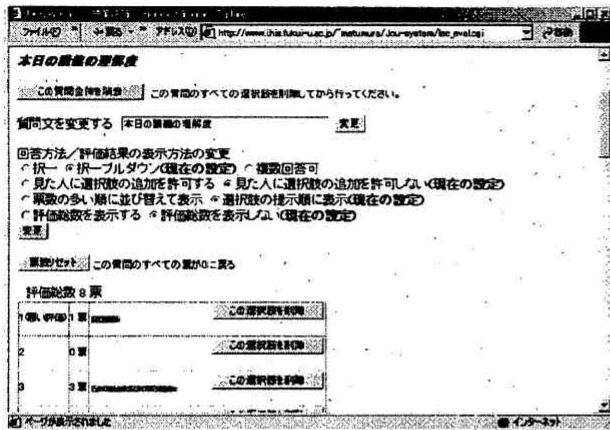


図7 授業評価システムの教師用インタフェース

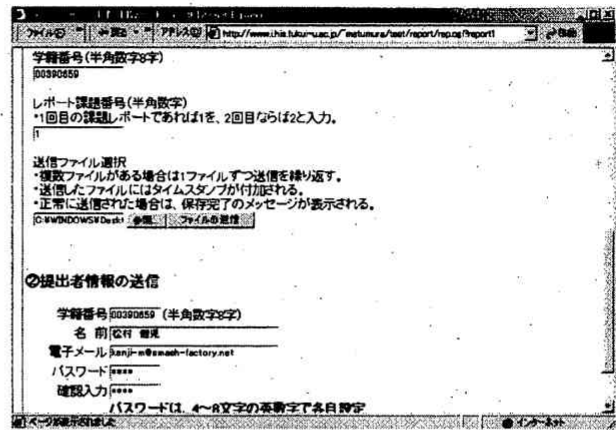


図9 レポート提出管理システムの学生用インタフェース

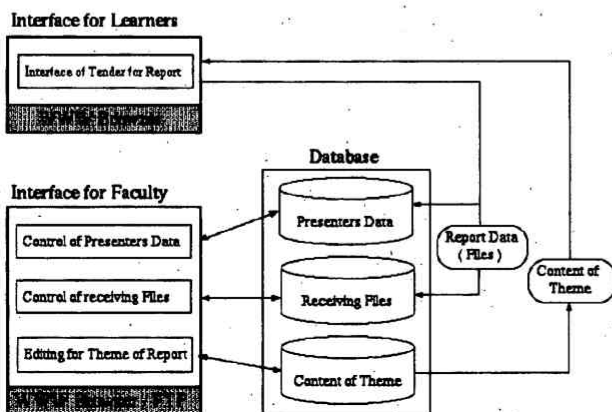


図8 レポート提出管理システム構成

イスの使用例を与える。このシステムも、学生用インタフェースは、WEBブラウザからでも利用可能である。更に、図7に、実際に作成した授業システムの教師用インタフェースの使用例を与える。このシステムは、教師用インタフェースは携帯電話から利用することも可能である。

2.2.3 レポート提出管理システム

作成した出席管理システムの構成を図8に与える。学生は、学生用のインタフェース (Interface for Learners) をWEBブラウザから操作することで、レポート提出を行える。Interface of Tender for Reportを用い提出レポート (レポート本文やその他の添付書類) 及び学生情報を入力するここで、Report Dataを介して、学生情報は Present Data に、提出レポートは Receiving Data に保存される。一方、教師は、教師用インタフェース (Interface for Teacher) を用いて、2.1.3 節で述べた各種機能を利用することが出来る。特に、インタフェース Editing for Theme of Reportを用いることで、レポート課題内容や提出期限等を本



図10 レポート提出管理システムの教師用インタフェース

システムに登録することが可能である。

図9に、実際に作成した、WEBブラウザから利用した、レポート提出管理システムの学生用インタフェースの使用例を与える。更に、図10に、実際に作成したレポート提出管理システムの教師用インタフェースの使用例を与える。いずれのインタフェースとも携帯電話からの利用も可能であるが、特に学生がレポートを携帯電話から提出することは、現状では携帯電話の性能から考えても不可能であると考えられるので、本質的には必要な機能ではない。

3. 提案システムの運用と評価実験

作成したシステムを実際に、福井大学の知能システム工学科の表1に示す3種類の講義で、約3ヶ月間試験的に運用し、利用してもらった。但し、ロボットビジョン及びマルチメディアの講義では、3回程パソコンの利用可能な計算機演習室で講義を行っ

表1 実施した評価実験対象

講義間目	学年	受講生数	開講時限
電磁気学演習	1年	78	1
ロボットビジョン	2年	69	1
マルチメディア	3年	62	1

ている。使用開始当初は、出席管理システム及び授業評価システムにおいて、携帯の機種（主に、携帯電話及びAU）によっては文字化けのため、学生用のインタフェース（Interface for Learners）を利用出来ないというトラブルが発生した。これは、システムの文字コードを Shift-JIS に統一することで解決することが出来た。同様に、レポート提出管理システムにおいても、一部の WEB ブラウザ（主に、古いバージョンの Mozilla）では、一部文字化けして利用出来ないというトラブルが発生した。この問題も、使用している文字コードを HTML 言語で明に指定することで解決できた。また、授業評価システムでは、携帯電話のみ評価結果を表示することが出来ないものもあった。これは、通信データサイズの制限のため、現状では改善することは出来ない。

特に重要なことは、本システムを用いることにより、教師がデータ処理に要する労力を大幅に軽減することが出来た。具体的には、出席管理システムによって、各学生の出席状況のデータを電子化するために要する時間。更には、作成された電子データをもとに、出席点を容易に定量することが出来、その結果を加味して成績を半自動的に判定することが可能となった。授業評価システムを運用することによって、評価データを容易に電子化することが出来るため、その統計処理に要する時間を大幅に軽減することが出来た。また、科目毎に、評価内容を変えて評価することも容易となった。レポート提出管理システムを運用することによって、最も大きな効果は、著者の一人の携帯電話のポケット通信料金を大幅に削減することが出来たことである。これまでは、所在地に依存することなくレポート提出を含めて様々な情報を確認するために、メールを携帯電話にも転送していたからである。つまり、プログラム等を含めると全ての学生からのレポートは膨大なデータ量となり、そのため携帯電話のポケット通信量も膨大となっていた。しかし、本システムを運用することにより、WEB ブラウザを用いて本システムにアクセスすることにより、所在地に依存せずにレポートの提出状況及びその内容を確認することが可能となった。更に、提出者の情報を容易に電子化しエクセル

等で統計処理を行えるようになった。

また、評価実験として、表1に示す全ての講義で学生に対し各システムの評価アンケートを実施した。アンケートの内容は、各質問項目に対し、得点化してもらい、質問内容について自由記述してもらい、2種類である。以下に、各システムに対する興味深い回答例を与える。但し、レポート提出管理システムについての評価実験は、マルチメディアの受講生のみに対して行った。

3.1 出席管理システムの評価結果

質問項目：「提案システム、その他の電子的な方法、口頭での確認方法、受講者名簿に各自署名を行う方法の4方法について、1番良いと思う方法を順に挙げる」

この回答について、一番良いものを4点、2番目を3点、3番目を2点、及び最後を1点として評価した結果以下のような順位となった（有効回答125名）。

1. 提案システム：2.81点（平均）
2. 受講者名簿に各自署名：2.75点
3. 口頭での確認方法：2.62点
4. その他の電子的な方法：2.02点

中には、「画期的なシステム」や「全ての講義で統合したシステムとして一括管理して欲しい」などの意見もあった。しかし、「携帯での出席処理はやめて欲しい」という、消極的な意見もあった。

質問項目：「現在のシステムでは、出席確認に時間制限がある。これについてどう思うか？（授業に遅刻しないための動機付けになっているか？）」

これは、本システム開発の一人の担当講義が一講目であったため、遅刻者が非常に目立ち、何とかこれを減らすことが出来ないかという考えからである。実際に、授業開始時に出席を行うようにすると遅刻者が余り目立たなくなった。そこで、本システム本システム開発当初から、出席登録に時に時間制限を設けることが可能なようにし、実際運用する際には、8時40分から9時10分の間のみ、本システムによる出席登録が可能なように設定した。教師の視点からは、やはりこのような方法を導入前と後では遅刻者の数には明確に差があるように思えた。実際、アンケートの結果も以下のものであった（有効回答129名）。

- 遅刻の防止になっている: 71 名 (全体の約 55%)
- 効果なし: 20 名 (約 15.5%)

しかし、中には「遅刻しそうな場合には、逆に講義に出る気がしなくなった」と言うような、逆効果の意見もあった。つまり、出席率向上には、本質的には講義の内容や教師の質が重要であることを示唆する。

3.2 授業評価システムの評価結果

質問項目: 「授業評価を短い周期で実施することについてどう思うか」 (有効回答 127 名)

- 望ましい: 36 名 (全体の約 28.3%)
- 望ましくない: 34 名 (約 26.8%)

このような結果の主な意見として、「意見・要望が伝わりやすい」、「講義の改善の動機付け」、と言ったものに対し、「毎回は面倒」、「講義の内容や質には変化はないだろう」、と言った、相反する意見となっていた。つまり、学生へ結果を如何にフィードバックするかが、このような評価を学生に真剣に行ってもらうための鍵であると思われる。

質問項目: 「自由記述欄の設置」 (有効回答 128 名)

- 必要・望ましい: 40 名 (全体の約 31.3%)
- 不要・望ましくない: 31 名 (約 24.2%)

このような結果の主な意見として、「言いにくい質問でも伝えやすい」、「忙しいなど時間的制約がない」、「手軽に利用できる」、「直接聞きに行けば良い」と言ったものであった。これらの意見は、教師が如何に学生に質問しやすい雰囲気を作る努力をすることで改善出来るものであり、本システムの「自由記述欄の設置」という機能は、本質的には重要でないように思える。しかし、その中でも特に注目すべき意見は、「自分には必要ないが、必要な人もいると思う」である。これは、どんなに教師が努力をしても、質問できない学生がいることを暗に示唆している。その意味で、この機能はこのような一部の学生にとっては重要な機能となり得ると考える。

3.3 レポート提出管理システムの評価結果

質問項目: 「提案システムのように WEB ブラウザ上でレポートを提出するシステムについてどう思うか」 (有効回答 27 名)

- 良い: 12 名 (全体の約 44.4%)
- 悪い: 6 名 (約 22.2%)

このような結果の主な意見として、「WEB ブラウザの種類及び OS により文字化けが解消できない」、「メールで提出するほうが良い」というような反対意見もあった。文字化けの問題は、前述のように現在では解決しているため問題ないと思われる。メールによる提出は、対象学生が 2 年時には担当講義のレポートを全てメールで提出させていたため、この方法に対する慣れが考えられる。現在の 2 年生に対して同様のアンケートを 3 年次終了時に実施した場合にどのような結果となるかが興味深い。

4. 結 言

本論文では、携帯電話から利用可能であることを前提とした、そして教師の視点に立ち教師の作業削減を目的とした、出席管理システム、授業評価システム、レポート提出管理システム、と言った 3 種類のシステムを統合したシステム構築を行った。更にそのシステムを実際の講義で運用し、学生に評価実験を行い、その結果を報告した。携帯電話を利用することについては、学生には概ね好意的な回答であった。但し、パケット通信料は学生負担となるのだが、その点に関する意見は、賛成意見も反対意見もほぼ半数であった。現在のシステムでは、一回の講義で約 2 円程度であり、1 講義当たり約 30 円である。しかし、全ての講義でこのシステムを導入すると、学生の負担は無視できないものとなる。その意味でも、パケット通信量削減を含めて、この点は再考する必要があると思われる。しかし、このような負の部分を含めても、携帯電話を利用するシステムにはそれに余る将来の可能性を秘めており、その意味で本システムは、教育システムの新しい可能性を与え得ると考える。

謝 辞

本研究は、「ネットワーク環境を利用した教育到達度評価支援システムの開発と検討」という研究題目で、平成 15 年度福井大学工学部長重点研究費の補助を受けて行われました。また、知能システム工学科のスタッフの皆様の協力を得てこの研究を開始することが出来たので、この場を借りて感謝します。

参考文献

- [1] 竹内賢政, 岡村耕三: 教育システム情報学会論文誌, 15-3, pp. 217-222 (1998).
- [2] 関本理佳, 海尻賢二, 山形昌也: 教育システム情報学会論文誌, 14-5, pp. 139-148 (1998).
- [3] G. D. Abowd: IBM Systems Journal, 38-4, pp. 508-530 (1999).
- [4] 大川恵子, 泉山英孝, 加藤朗, 村井純: 情報処理学会論文誌, 42-1, pp. 51-57 (2001).
- [5] 三次一賢, 岡永陽治, 黄星齊, 近藤暹: 電子情報通信学会論文誌, J38-D-I-6, pp. 644-650 (2000).
- [6] 前田香織, 河野英太郎, 三好陽子, 西村浩二, 相原玲二: 教育システム情報学会論文誌, 17-3, pp. 329-338 (2000).
- [7] 前田香織, 相原玲二, 大槻説平: 情報処理学会論文誌, 40-1, pp. 166-167 (2002).
- [8] 平井貴行, 山ノ上卓, 安在弘幸, 有田五次郎: 情報処理学会論文誌, 43-1, pp. 176-184 (2002).
- [9] A. He, 加羅淳, 程子学, 郷健太郎, 小山明夫, 程同軍, 今宮淳美: 情報処理学会論文誌, 44-3, pp. 700-707 (2003).
- [10] 植木泰博, 辻昌之, 冬木正彦, 荒川雅裕, 北村裕: 教育システム情報学会論文誌, 18-4, pp. 19-25 (2003).