

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	衛星通信遠隔講義における携帯電話を用いたフィードバック情報収集システムの開発と評価
Title(English)	Development and Evaluation of a Learner's Impression and Question Processing System for the Distance Education by using Mobile Phone
著者(和文)	中山実, 森本容介, 赤堀侃司, 清水康敬
Authors(English)	MINORU NAKAYAMA, YOUSUKE MORIMOTO, KANJI AKAHORI, YASUTAKA SHIMIZU
出典(和文)	日本教育工学会論文誌, Vol. 26, No. 3, pp. 271-277
Citation(English)	Japan Journal of Educational Technology, Vol. 26, No. 3, pp. 271-277
発行日 / Pub. date	2002, 12

衛星通信遠隔講義における携帯電話を用いた フィードバック情報収集システムの開発と評価†

中山 実*・森本容介*・赤堀侃司*・清水康敬**

東京工業大学教育工学開発センター*

国立教育政策研究所教育研究情報センター**

本研究では、携帯電話を用いた遠隔講義支援システムを開発した。携帯電話のブラウザ機能と電子メール機能を用いて、講義についての感想をボタン選択によって伝えたり、質問やコメントを自由文やキーワードで収集するシステムである。また、質問の内容に関連する提示パターンを推定表示するインターフェースを実装した。これらの機能を確認するために、実際の通信衛星を利用した遠隔講義で評価実験を行った。

キーワード：遠隔教育、講義支援、携帯電話、文書検索

1. はじめに

情報通信技術や衛星通信を利用した遠隔教育が、様々な形態で利用されている。例えば、地上系回線を用いた大学講義や、テレビ会議システムを用いた小・中学校間での共同授業など、多様な教育分野で利用されている(文部科学省 2001)。また、大学間の衛星通信ネットワークである SCS や、学校教育や生涯学習として学校や公民館などで利用される el-Net など、衛星通信ネットワークによって 1 地点から多地点に同時配信するシステムも多く利用されている(衛星通信教育振興協会 2001)。

このような衛星通信を利用した遠隔教育では、授業

方法に配慮することで、通常の座学形式の場合よりも教育効果が高いことが示されている(中山・清水 1993)。これらの配慮の 1 つには双方向性の確保が挙げられるが、講師が講義をする送信地点 1 カ所に対して受信地点の数が多い場合には、2 地点間の場合とは異なる方法が求められる。これに対応するために、インターネットを用いたレスポンスシステムが検討されている(竹下ほか 1999)。このシステムでは、レスポンス用の web を受講者がアクセスし、あらかじめ用意した設問に対する選択肢を選択して、リアルタイムに集計する。しかし、このシステムを利用するためには各衛星受信会場ごとに、受講者にインターネットブラウザを提供する必要がある。そのため、受信会場でこれらの設備が用意されない場合は利用できない。また、受信会場や受講者の数が多いことから、個々の受講者の反応を的確に講師に伝える支援も必要になる。

これらのことから、衛星通信を利用した遠隔教育では、次のような問題点が抽出できる。

- ・講義を受講する多地点での学習者の反応情報をリアルタイムで収集することが容易でない。
- ・遠隔講義における学習者情報を収集するシステムの設置が容易でない。
- ・情報が収集できた場合においても、講義をしながら対応することが容易でない。

このような問題に対処して講義を円滑に行うために以下のような支援が求められる。

2002 年 2 月 1 日受理

† Minoru NAKAYAMA*, Yousuke MORIMOTO*, Kanji AKAHORI* and Yasutaka SHIMIZU** : Development and Evaluation of a Learner's Impression and Question Processing System for the Distance Education by Using Mobile Phone

* CRADLE (The Center for Research and Development of Educational Technology), Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8552 Japan

** Center for Educational Resources, National Institute for Educational Policy Research, 6-5-22, Shimo-Meguro, Meguro-ku, Tokyo, 153-8681 Japan

- ・講師が講義中にリアルタイムで遠隔地や対面する学習者からの反応を積極的に収集すること。
- ・講師が講義に支障をきたすことなく効率的に学習者からの反応情報を把握すること。
- ・学習者が講師に対して、気軽に自分の意見を伝えたり、質問できるようにすること。
- ・講義用の特別なシステムを必要とせず、学習者が容易に利用できるシステムであること。

4番目の項目の要件を満たす情報端末として携帯電話を挙げることができる。近年急速に普及した携帯電話は、通話機能だけでなくインターネットに対応したメールやブラウザ機能も持っている。現在、成人のかなりの割合が所有しており、大学内での連絡手段としても使われる事例がある(山岡 2000)ことから、生涯学習の支援としての利用効果が期待される。

そこで、本研究では、携帯電話を遠隔講義の受講者用の反応情報端末として利用する講義支援システムを構築して、実験によってその可能性を検証することを目的とした。

2. システムの概要

本システムでは、学習者が所有する携帯電話のブラウザ機能や電子メール機能を用いて学習者の情報を収集し、講義中の講師にリアルタイム表示するシステムを試作した。システムの概要を図1に示す。本研究で開発した部分は、ホストコンピュータ内のプログラムである。

本システムは、携帯電話アクセス用と、講師への表示用の2つのwebページで構成される。このため、携帯電話以外の方法でも、受講者がこのwebページにアクセスできれば利用できる。また、本システムは後述のように受講者用のwebで入力された情報を処理するので、等価な情報が電子メールなどによって届けられた場合でも対応できる。なお、携帯電話会社サービスについては、「i-mode」、「Sky-web」、「ez-web」に対応させることを考慮した。メールについては、携

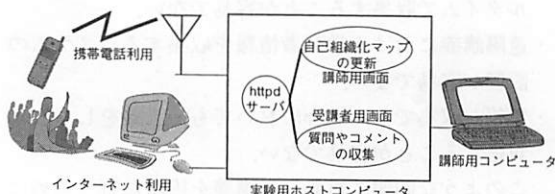


図1 本システムの処理の流れ

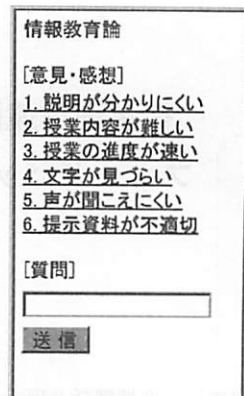


図2 携帯電話の表示画面

帯電話やPHSによるメール、通常の電子メールに対応できるようにした。

次に、開発したシステムの実現性を確認するために、実際の衛星通信による遠隔講義で使用した。ブラウザ機能を持つ携帯電話での学習者用の画面を図2に、講師用の画面例を図3に示す。本システムの機能を以下に述べる。

2.1. 講義に対する感想・意見の収集

授業中に受講者が感じることは、「文字が見にくい」、「声が聞き取りにくい」などのネガティブな意見である。これらの意見は、講師にとって気がかりな点であるが、対面授業であっても講師に伝えられることは少ない。この理由の1つには、このような意見を講師に伝えようとする、講義を妨げてしまうことを心配することがある。

そこで、このような講義に対する感想や意見を随時伝えるような機能を検討した。図2に示すようなwebのボタンを携帯電話の操作で選択することで、講師に伝えることができるようにした。後述する図3の講師用画面では、対応するメッセージパネルの色がグレーから黄色に変化して講師に受講者のコメントを知らせる。講師はパネルをマウスで選択することによって、メッセージを送った受講者数を知ることができる。その後、パネルの色は元のグレーに戻る。

2.2. 質問やコメントの収集

講義内容に対する質問やコメントは、図2の下部にあるテキストボックスに入力することで、講師画面に順次表示される。携帯電話での日本語の入力は、電話機の数字キーだけで入力するので、一般のコンピュータ・キーボードによる入力よりも難しく、入力時間が



図 3 講師用の表示画面

かかる。そこで、キーワード・リストだけでも良いことにした。質問を表現するキーワード・リストだけの場合でも、おおよその質問意図が理解できる。ここで、質問文やキーワード・リストから、内容が該当する提示パターンの番号を講師に示せば、講師も質問を理解しやすくなり講義の支援につながる。この場合、講義しながらでも質問の概要を知るためには、質問などの内容が視覚的に表現されることが必要である。

本研究では、文書検索をキーワードで行う要領で、質問などの問い合わせ内容を推定する方法を検討した。すなわち、質問文やキーワード・リストに対応する提示パターンを調べて、説明が求められている提示パターンを図示できるようにした。

文書検索システムの一例として文書を事前に2次元クラスタリングによって文書を構造化・可視化して、検索要求に応じて類似文書群を図示することで効率的に検索する WEBSOM が良く知られる (KOHONEN

1998)。

本システムでも、提示パターン群の構造化・可視化と、質問としての検索要求を図示するようにした。そして、講義をしながらでも要求されている情報を選択できるようにするために、自己組織化マップによる表示を採用した。この機能の実現のために、講義で使われる提示パターンを自己組織化マップを用いて、事前に構造化した。

2.3. 自己組織化マップの作成

本システムは、後述の6回からなる集中講義で実験的に利用した。この講義内容を事前に構造化するために、講義で使用する提示パターン(52枚)を講師に提供していただき、以下の手順で分析、構造化した(中山・清水 2001)。

まず、提示パターンのテキストを抽出して、形態素解析によって名詞を抽出した。抽出した名詞について、講義回ごとの出現頻度を頻度表 X に集計した。この

頻度行列を特異値分解 (柳井・竹内 1983) して、講義で用いられる用語と各講義回の特徴ベクトルそれぞれ T , D を抽出した。

$$X = TSD' \quad (1)$$

この特徴ベクトルを用いて、各回の講義内容やキーワードとしての名詞のクラスタリングを行った。ここでのクラスタリングは、自己組織化マップによる2次元構造化である (KOHONEN 1995)。

自己組織化マップの訓練には、KOHONEN *et al.* (1996) が配布する SOM-PAK 3.1 を用いた。訓練データには、用語ベクトルと講義ベクトルを用いた。これらによって自己組織化マップ上のコードブックベクトルの訓練を行った。訓練アルゴリズムにおける距離尺度はベクトル間距離 (市街化ノルム KOHONEN (1995)) によって訓練した。

訓練アルゴリズムを以下の式に示す。

$$\begin{aligned} \mathbf{m}_i(t+1) &= \mathbf{m}_i(t) + h_{ci}(t) [\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)] \\ h_{ci}(t) &= \begin{cases} \alpha(t) & i \in N_c(t) \\ 0 & i \notin N_c(t) \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで $h_{ci}(t)$ は、近傍集合 N_c を与えるバブル型近傍関数である。近傍集合に含まれる場合は学習係数 α の値を、含まれない場合は0となる (KOHONEN 1995)。

なお、各コードブックベクトルの初期値は、マップを講義ベクトルの固有値上位2成分の空間とし、各講義ベクトルの位置関係に基づいて与えた。すなわち、特徴ベクトルの訓練は、次の手順で行った。

- (1) 講義の特徴ベクトル D の6成分中の2成分 (d_1 , d_2) によって、2次元空間に各講義の特徴ベクトルを配置する。すなわち、6次元空間のうち、2成分で張られた空間での各講義の関係を初期値とする。
- (2) 講義の特徴ベクトルを用いて訓練する。近傍範囲を比較的広くして訓練するために、近傍集合 N_c の半径 r をマップサイズよりも大きくして、10,000回訓練する。この時、学習係数を0.8とした。
- (3) 第2段階の訓練として、近傍集合を小さくして訓練する。 N_c の半径 r をさらに小さくして、用語と講義の特徴ベクトルを25,000回ずつ訓練し、これを2回繰り返した。
- (4) 得られたマップに、講義の回数番号ラベルおよび提示パターン番号のラベルを付ける。これは、各特徴ベクトルの類似度が最も高い、訓練されたコードブックベクトル \mathbf{m}_c が選ばれ、そのラベルが付けられる。これは講義の特徴ベクトル D では次式による。

$$\|D_j - \mathbf{m}_c\| = \min_j \|D_j - \mathbf{m}_c\| \quad (3)$$

ここで $\|\bullet\|$ は、市街化ノルムである (KOHONEN 1995)。

また、訓練されたマップについては、訓練データとコードブックベクトルとの差分である量子化誤差が最小になるマップを選択した。その結果、マップサイズ 12×8 で量子化誤差が最小になった。

得られた自己組織化マップを、Ultsch の U-Matrix による方法 (KOHONEN 1995) によって表現した図を図3中に示す。図中の濃淡はマップ上のコードブックベクトルの距離関係を示している。薄い部分の距離は短く、類似していることを、濃い部分は距離が長く、類似度が低いことを表している。図中の K1~K6 は講義の各回、[1]~[52] は提示パターンの番号 (1~52) である。

提示パターンの特徴ベクトルは、そのパターンに含まれる用語の特徴ベクトル T_i とその頻度 f_i の関和によって推定できる (中山・清水 2001)。ここでは、以下の式で与える。

$$\hat{y} = \sum_i \sqrt{f_i} T_i \quad (4)$$

これらを先の(3)式を適用してマップ上にラベルを配置した。これらのラベルから、講義が各回ごとに構造化されていることがわかる。また、それぞれの回で用いられるパターンが、ほぼ各回のクラスターに配置されている。

2.4. 質問内容の推定方法

携帯電話のテキストボックスや電子メールで寄せられた質問やコメント (以下、質問文) は、図3の下部に到着順に表示される。これらのテキストは電子テキストであるため、到着後に形態素解析して用語に分けることができる。

ここで、テキストにあらかじめ抽出した用語が含まれていれば、(4)式に準じた方法で質問内容の特徴ベクトルを推定することができる。さらに、この特徴ベクトルを用いれば、自己組織化マップに質問を配置することができる。この配置位置から、近傍関係にある講義回や提示パターンと関連すると考えられる。自己組織化マップによる図示によって、講師は質問文に対応する講義内容や提示パターンを視覚的に知ることができる。質問文のマッピングは、下部の質問文番号を赤字で示した。なお、質問文に抽出した用語が含まれていない場合は、特徴ベクトルが算出できないため質問文の表示だけを行った。

これらの一連の処理は、ホスト側のコンピュータで CGI と Java を用いて実装した。入力情報の形態素解

析, 特徴ベクトルの推定は CGI で行い, マップの更新は Java で行った。

3. 授業の実施と評価

3.1. 授業の実施概要

本システムは, 2001年7月24~25日の集中講義「情報教育論」で運用した。本講義は, el-Net における生涯学習講座である「オープン・カレッジ」としても全国に配信した。なお, 学内の正規授業と公開講座としても実施したので, 対面でも約45名が受講した。本システムによる受講者支援に加えて, 遠隔地からも携帯電話音声による講師への直接質問も許可した。

また本システムによる質問やコメントは, 遠隔地だけでなく対面の受講者にも利用可能とした。講義中に本システムによって得られた反応を, 表1にまとめた。意見・感想の1~6の反応件数は, 「説明がわかりにくい」でやや多かった。また, 質問・コメントは, 12件得られた。6回の集中講義であるので, 1回あたり2件の質問があったことになる。ただし, 6回の講義のうち2回は討論中心であったので, 実質的には4回の講義での件数である。12件のうち, 5件は電子メールによって送られてきた。携帯電話による質問やコメントは, 講義中に講師の話を遮ることなく行えるため, 講義室の空調に関することまで送られてきた。また, 受講者も休憩時間にコメントを入力するなど, 講師に確実に伝達できる手段として利用された。

なお, 今回のシステムでは当初, 個人認証を行うように設計したが, 一部の携帯電話会社のサービスでは対応しなかったため, 個人認証は行わなかった。しかし, 感想・意見や質問等がどの学習者から送られてきたかがわかれば, より効果的と考えられる。ただし, 個人認証を行う場合には, 事前に登録作業が必要であるので, 短期の講義や公開講座では運用について検討

する必要がある。これら個人認証に関することは今後の課題である。

3.2. 評価の方法

対面での受講者には, 授業で本システムの評価実験を行う旨をあらかじめ周知した。そして, 下記の評価を実施した。

集中講義は2日間にわたって3時限ずつ行われたので, 1日分が終了した時点で質問紙を配布して学習者に評価させた。質問紙は4肢選択式の21項目からなる。このうち, 15項目は遠隔授業一般に関するものである。残り6項目は本システム利用に関するものである。この結果, 84枚の用紙が回収できた。

3.3. 評価結果

各項目に対する回答について, それぞれ平均値を求めてまとめた。携帯電話利用に関する項目について4段階評価の平均値を図4に示す。ほとんどの項目で中央値よりも有意に高くなった。ただし, 「講義中に携帯電話を使用することは気にならない」では, 中央値よりも有意に低く, 講義での利用に抵抗感があることがわかる。2日間の評価値を比較したところ, 総合的評価である「総合的に見て本システムは良い」では, 2日目の評価の方が5%水準で有意に高くなった。

評価の観点を明確にするために, 遠隔講義一般に関する15項目について因子分析を行った。因子分析の結果, Promax 解の4因子構造を妥当と判断した。4因子の構造と各項目の因子負荷量を表2に示す。4因子による合計寄与率は72.7%であった。各因子は項目内容から, 「画面提示」, 「講義の理解」, 「質問・意見」, 「音声」とした。各因子に含まれる項目の平均値である因子成績の結果を図5にまとめた。全ての因子とも中央値の2.5を有意に越えており, 特に「音声」や「講義の理解」で高くなっている。

これらの因子の評価と携帯電話による本システムの

表1 本システムによる反応件数

意見・感想/質問・コメント	件数
1. 説明がわかりにくい	15
2. 授業内容が難しい	3
3. 授業の進度が速い	9
4. 文字が見づらい	9
5. 声が聞こえにくい	0
6. 提示資料が不適切	1
質問・コメント	12 (5)

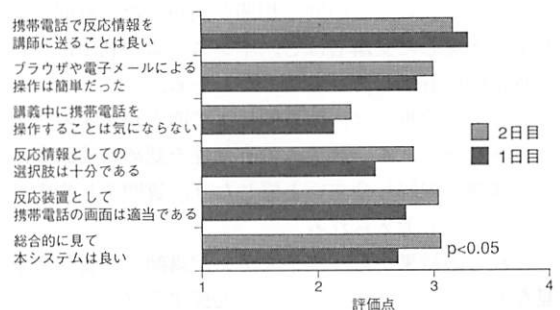


図4 携帯電話利用に関する評価結果

表 2 各因子の因子負荷量 (4 因子, Promax 解)

	因子 1 画面 提示	因子 2 講義の 理解	因子 3 質問・ 意見	因子 4 音声
Q 09 提示画面は見やすかった	1.0	0	0	0
Q 11 提示画面は良く見えた	.97	0	0	0
Q 10 提示画面の大きさは適切だった	.93	0	0	.01
Q 04 提示画面は良く見えた	.83	0	.01	.02
Q 13 目が疲れなかった	.56	0	.03	.12
Q 01 講師の説明はわかりやすかった	0	1.0	0	0
Q 07 講義の流れが理解しやすかった	.01	.93	0	0
Q 02 講義の進む速さは適当だった	0	.78	0	.07
Q 06 講義は親しみやすかった	0	.60	.17	0
Q 15 講師に意見しやすかった	0	.01	1.0	0
Q 14 講師に質問しやすかった	.01	0	1.0	0
Q 03 講師の音の明瞭度は十分であった	0	0	0	1.0
Q 12 講師の声の音量は適切だった	.01	0	0	.96
寄与率 (合計寄与率=72.7%)	25.4%	19.9%	13.8%	13.7%

評価との関係を検討するために、携帯電話利用に関する 6 項目と各因子成績の相関係数を求めた。結果を図 6 に示す。

「講義の理解」の因子について見ると、「ブラウザや電子メールによる操作は簡単だった」、「総合的に見て本システムは良い」に関しては、0.4 以上の相関係数が得られている。一方、「講義中に携帯電話を操作することは気にならない」では、負の相関係数が得られた。講義内容が良く理解できた受講者ほど、本システムを高く評価していることがわかる。しかし、講義中の利用に関しては否定的な意見であることがわかる。

「画面提示」の因子では、携帯電話の画面や操作性との間で相関が見られた。「質問・意見」の因子では質問などのしやすさと「携帯電話で反応情報を講師に送ることは良い」との間で相関が高かった。質問をしやすと感じた受講者ほど、本システムの利用について肯定的に評価していることがわかる。

ここでの分析では、因果関係まで明らかにすることはできないが、本システムの有効性を認めた受講者ほど、講義が理解しやすと感じたり、質問をしやすと感じたとも考えられる。

これらの結果から、本システムが講師への質問や意見などのコミュニケーションを支援するツールとして

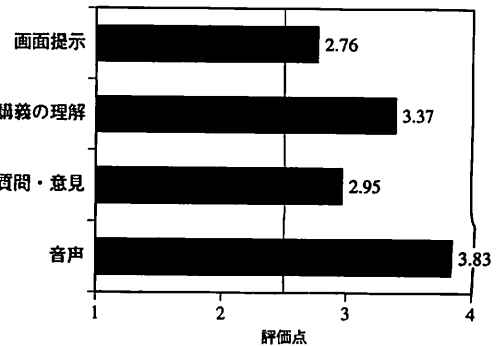


図 5 因子成績の結果

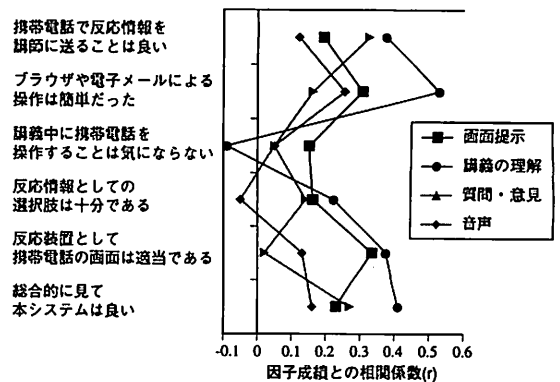


図 6 各因子成績と携帯電話に関する項目間の相関係数

機能することについて、一定の評価をしていると考えられる。本システム利用による学習理解への効果に関する評価は、今後の課題である。

4. まとめ

本研究では、携帯電話を遠隔講義の受講者用の反応情報端末として利用する、講義支援システムを構築して、実験によってその可能性を検証した。

本システムは、携帯電話のブラウザ機能やメール機能を用いて、講義に対する感想・意見の収集と、質問やコメントを受け付けてその内容を推定をする機能を実装した。衛星通信を用いた遠隔講義で本システムを利用し、受講者に質問紙による評価を実施した。

評価の分析結果から、講義内容の理解と本システムに対する評価に相関関係が見られた。

より機能的なシステムの構築や効果的な利用法についての検討は、残された課題である。

本研究は科学研究費特定領域研究(A)(2)[メディア教育利用] (平成13年度)の補助を受けた。

参 考 文 献

- 衛星通信教育振興協会(2001) 衛星通信教育の基本システムと運用一。衛星通信教育振興協会技術検討委員会
- KOHONEN, T.(1995) *Self-Organizing Maps*. Springer-Verlag (徳高ほか(訳)(1997) 自己組織化マップ. シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京)
- KOHONEN, T., HYNINEN, J. KANGAS, J. and LAAKSONEN, J.(1996) "SOM_PAK(1992-1995)". FTP ftp://cochlea.hut.fi/pub/som_pak
- KOHONEN, T.(1998) Self-organization of very Large document collections : State of the art. *Proceedings of ICANN98*, pp. 65-74, Springer, London
- 文部科学省(2001) 「へき地学校等のためのIT活用方法研究開発事業」報告書。URL : <http://www.nicer.go.jp/report/>
- 中山 実, 清水康敬(1993) 通信衛星による講義とCAIを併用する遠隔教育システム (PINE-NET)の学習成績による評価. 日本教育工学雑誌, 17 : 85-92
- 中山 実, 清水康敬 (2001) Web情報の教科推定手法と判別性能の比較. 信学技報, ET2001-27 : 31-38
- 竹下 望, 室田真男, 清水康敬(1999) インターネットによる資料提示システムと回答集計システムの開発. 日本教育工学会第15回全国大会講演論文集 : 671-672
- 山岡俊章(2000) 携帯電話への休講情報提供・メール配信システムの開発. 日本教育工学雑誌, 24 (Suppl.) : 131-134
- 柳井晴夫, 竹内 啓(1983) 射影行列, 一般逆行列, 特異値分解. 東京大学出版会, 東京