

一斉講義式の座学の双方向性を目指した 携帯型授業設計支援システム

藤田 紀勝^{†1} 小野寺 理文^{†1} 池田 秀聡^{†2}
林 敏浩^{†3} 山崎 敏範^{†4}

ID 手法 (Instructional Design) は授業設計論として広く普及している。ID 手法の分析工程では、目標分析、工程分析、スキル階層図を利用して、教授内容と教授方法を明確にする。本論文では、ID 手法の分析 A、設計 D、開発 D における形成的評価や実施 I において学習者の反応を簡便に取得できる携帯型の授業設計支援システムを述べる。電磁気学の補講授業において、システムを利用して学生全員に問題を提示し学力を集計する。教師は、問題の正解率に応じて授業のコントロールを行う。授業後、学生に誤答した理由を自由記述形式の質問紙により提出を求める。本システムの試用結果から、教授項目の漏れ抽出や適切な授業進行法など授業改善方法を明らかにした。

A Portable System to Support Course Design for Interactive Communications in Whole-class Teaching

NORIKATSU FUJITA,^{†1} RIBUN ONODERA,^{†1}
YOSHIAKI IKEDA,^{†2} TOSHIHIRO HAYASHI^{†3}
and TOSHINORI YAMASAKI^{†4}

ID (Instructional Design) has widely spread as a Course Design Theory. The analysis process of the ID technique is to clarify contents and methods for instruction by using the target analysis, the progress analysis and the hierarchical skill chart. This paper describes a portable course design support system which easily obtains reactions of learners in the formative evaluation and the implementation (I) after the analysis (A), the design (D), and the development (D) of the ID technique. In a supplementary lecture class of electromagnetism as an application example, our system automatically collects scholastic ability of every student from results of their problem solving. The teacher controls the

lesson according to the rate of correct answers to the problems. S/he makes the students submit the question paper with the free description of the reasons for wrong answers. From the trial results of our system, we found the leak of the lesson item and the appropriate lesson process for improving the lesson.

1. はじめに

大学教育は、すでに多様な学力を持った学生を対象に授業を実施しなければならない状況にある。近年では、急速に理工学部離れが進んでおり、高校時代に物理学を学んでいない学生も増えている。

筆者が所属する大学では、電子情報通信分野の基礎科目として電磁気学を学ぶ。電磁気学は、毎年 18 題の問題を配布し、その中から類題を期末試験に出題する。過去 3 年間を振り返ると、不合格の学生は 1 クラス 30 名程度に対して平成 18 年度で 7 名、平成 19 年度で 12 名、平成 20 年度で 13 名である。不合格の学生は年々増えており、これらの学生に対しても、一定の学力を保証していかなければならない。1 人ひとりの学生の学力に応じた授業が理想であるが、一斉講義式の座学ではその実施は難しい。

これまで授業改善に ID 手法を用いた種々の実践報告がある^{1),2)}。ID 手法の一般形である ADDIE モデルでは、ID プロセスを回すことで授業改善が行われる。また、ID 手法をシステムティックに行うソフトウェアも開発されている³⁾⁻⁵⁾。一方、授業中に問題を提示して、学生 1 人ひとりの応答を集計して授業の改善を行う研究もある。1960 年代～1980 年代にかけて、有線によるレスポンスアナライザという装置が開発され⁶⁾、「学生からの応答時間」に着目した理論的考察⁷⁾⁻¹⁰⁾が行われている。近年では、製品版の応答システム^{11),12)} (Clicker, Classroom response system, Audience polling system) やダイソーリモコンを利用した自作システム¹³⁾もある。製品版の応答システムは、高性能で多機能であるが、複

^{†1} 職業能力開発総合大学校
Polytechnic University

^{†2} 四国職業能力開発大学校
Shikoku Polytechnic College

^{†3} 香川大学図書館・情報機構
Institute of Library and Information Technology, Kagawa University

^{†4} 放送大学香川学習センター
The Open University of Japan

雑な操作を要し、必ずしも使いやすいシステムとはいえない。また、ダイソーリモコンは操作も簡単でユニークな取り組みであるが、何度も投票ができたり、受信感度や誰の投票かを識別できなかったりするなどの問題がある。このような応答システムは世界的にも導入が進んでおり、その授業設計の手法^{14),15)}や授業改善の実践^{16)–19)}もさかんに行われている。

本論文では、まず、市販の IC 部品を利用して簡便な操作性を備えた応答システムを自作する。ついで、電磁気学において、ID 手法による設計から形成的評価、実施に至る授業の改善を試みる。電磁気学の補講授業では、まず配布している 18 題の問題から 8 題の問題を選び、その問題を ID 手法の目標分析の考え方に従って、67 題の要素問題に分ける。システムは、一斉講義形式の座学において学生全員に 67 題の要素問題を提示し正解率を集計する。教師は問題の正解率に応じて授業のコントロールを行う。授業後、誤答した理由を自由記述形式の質問紙により提出を求める。このように本システムを利用した授業では、教師と学生間のコミュニケーションが存在する。

2. 電磁気学補講授業

授業の改善点は教師の予測範囲外のことが多く、何度も授業を実施しなければ発見は難しい。本章では、電磁気学授業の概要とその改善策を述べる。

2.1 電磁気学授業の概要

電磁気学は、電気や磁気の現象から法則を見つけ体系化した学問である。今日のコンピュータ技術や通信技術など、電磁気学と密接に関わっている。そのため電磁気学は、電子情報通信分野の基礎教科として位置づけられている。

筆者が所属する大学では、図 1 に示す 5 つの基礎知識を学ぶ。基礎知識は、点電荷におけるクーロンの法則、導体表面・閉曲面におけるガウスの法則に加えてコンデンサの電気容量からなる。習得しなければならない内容は、静電場に関する基礎的事項であり、具体的な練習問題を例にして、解析解を計算により導出する。また、電磁気学の現象について、物理的な直感像や数学的な手法についても学ぶ。

これまで電磁気学の授業は自作教材と市販の教科書を併用していた。市販の教科書によりひととおり学んだ後に、基礎となる 18 題の演習問題を解く。期末試験は基礎となる 18 題から類題を出題する。出題する問題は数字を変えただけの単純なものではなく、よく概念を理解していなければ解くことはできない。授業中に教師から問いかけてもレスポンスがほとんどなく、ただ何も考えずにノートを写すだけの学生が増えている。このような学生は期末試験でもほとんど何も記述しないことが多く、どこでつまづいているのか把握できない。

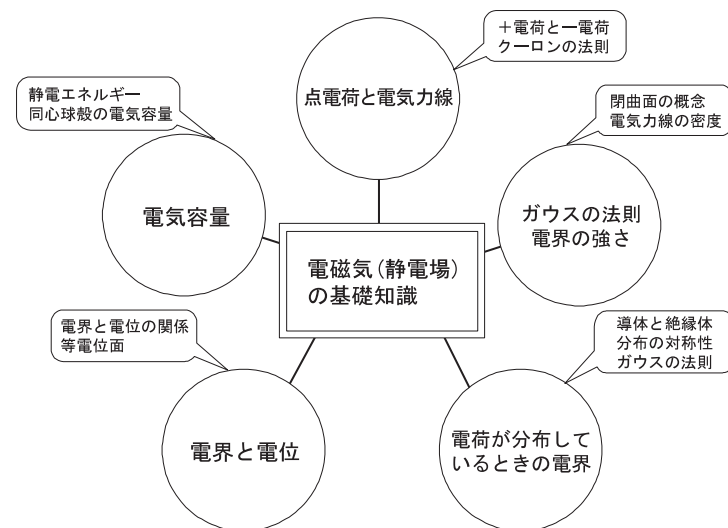


図 1 電磁気(静電場)の基礎知識

Fig. 1 Basic knowledge of electromagnetism (an electrostatic field).

近年では、このような学生が増えており、授業改善が急務となっている。

2.2 電磁気学補講授業への適用

補講を受講する学生は 2 年生から 4 年生までいる。これまで補講は授業が終わる午後 6 時～7 時までの約 1 時間を 4 回実施していた。全員参加を基本としているが授業時間外であるため出席できない学生もいる。

補講では基礎となる 18 題の中から 8 題を選びその解説を行う。補講では、教師から学生に質問をしてもほとんどレスポンスがないため、これまでは授業後に何人かの学生に個別に質問をして状況を確認していた。ゆとり教育により個性重視の教育を受けた世代であるため、興味がわかなければやらなくてよいと考える学生も多い。このような学生は授業後であっても質問に対してのレスポンスはない。特に、補講では通常授業と比べて、学生からの反応はほとんどないため本システムを利用して、誤答した学生と補講中に対話を行い、その場で新しい問題を追加するような実施は難しい。そこで、補講では、授業後に学生に誤答した理由を自由記述形式の質問紙により提出を求めた。

図 2 に授業設計支援システムを利用した電磁気学の補講風景を示す。システムを利用し



図 2 電磁気学補講風景

Fig. 2 Electromagnetism supplementary lecture scenery.

た補講では、8 題の問題を ID 手法の目標分析により 67 題の要素問題に分解して正解率を集計する。4 問択一式の問題がスクリーンに映し出され、全員の入力を確認してから正解率を集計する。電磁気は空間を扱うため問題中に図が入ることが多い。図が必要な場合は、PowerPoint により問題を作成して、その画像データをシステムへ読み込ませて表示する。

本システムを利用した授業では、学生は不足している知識を確認できる利点がある。また、教師からは、問題の正解率により、説明する時間のコントロールができるという利点がある。補講は従来と同じ約 4 時間で実施した。

3. 授業設計支援システム

授業設計支援システムは、市販の IC 部品を利用して自作したもので、簡単に操作できる(図 3)。本章では、授業設計支援システムのソフトウェア構成とハードウェア構成について述べる。

3.1 ソフトウェア構成

製品版の応答システム^{11),12)}は多機能で、送信機には 12~19 個のボタンがあり、10 問択一式や応答に対する自信などを付加する機能がある。一方、本システムは、送信機に 4 つのボタンがあり、4 問択一式に対して、その応答を集計する。

授業設計支援システムの構成を図 4 に示す。システムは、以下のような各モジュールと

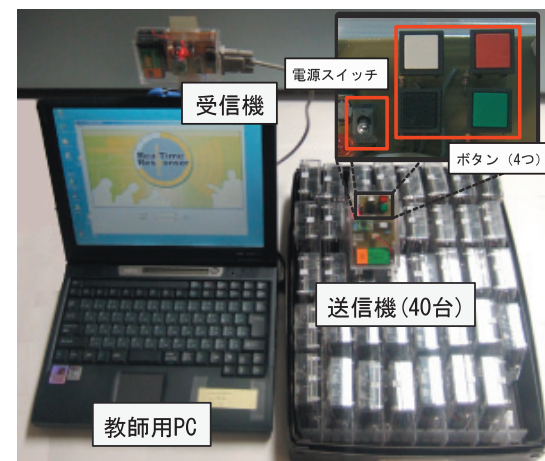


図 3 授業設計支援システムのハードウェア構成

Fig. 3 Hardware configuration of course design support system.

データベース部で構成する。

(1) クラス管理モジュール

クラス管理モジュールは環境設定ファイルを読み込み各種データの格納先を確認する。その後、クラス情報(クラス名、受講可能な授業名、人数)をデータベースから取得する。

(2) 問題選択モジュール

問題選択モジュールは学習者に提示する問題を表示する。教師の選択に応じた問題ファイルを開き、教室のプロジェクタスクリーンへ映し出す。

(3) 問題作成モジュール

問題作成モジュールはテキスト形式の問題が作成できる。また PowerPoint で作成したスライド画像の読み込みも行える。

(4) 送信機データ取得モジュール

送信機データ取得モジュールは送信機から送られてきたデータを取得してデータベースに書き込み、受信状況を画面に提示する。

(5) 成績判定モジュール

学習履歴情報をデータベースから取得して正解率を求める。

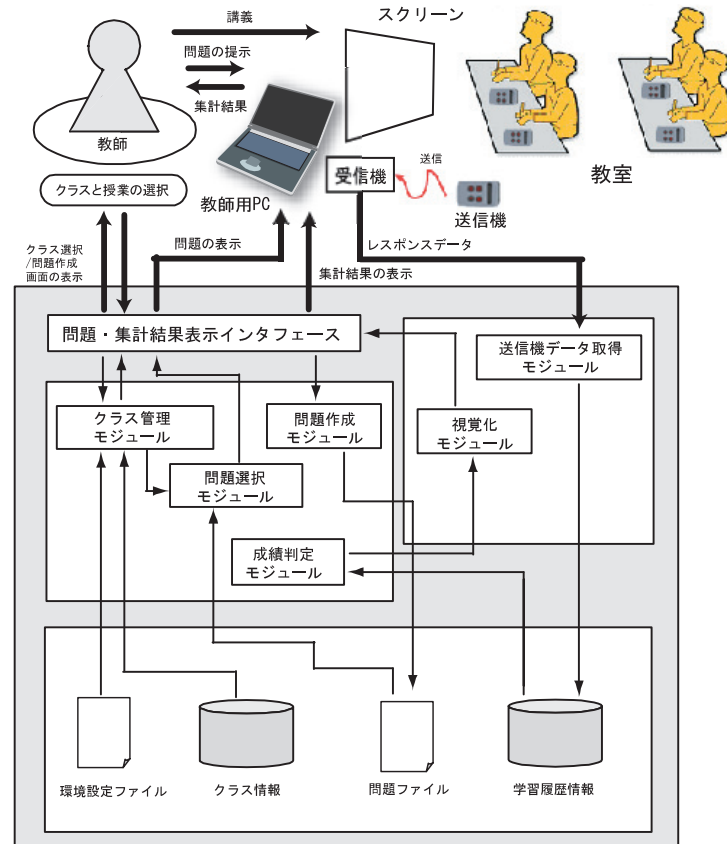


図4 授業設計支援システム構成
Fig. 4 Course design support system.

(6) 視覚化モジュール

視覚化モジュールは成績判定モジュールから送られてきたデータを表示する。

3.2 ハードウェア構成

次にシステムの送信機と受信機のハードウェアについて述べる。製品版の応答システムは、赤外線と2.4GHz帯の無線の2つのタイプがある。両製品ともほぼ同じ価格で販売されているが、無線タイプの方が操作性や拡張性に優れる。しかし、無線タイプのものは他の

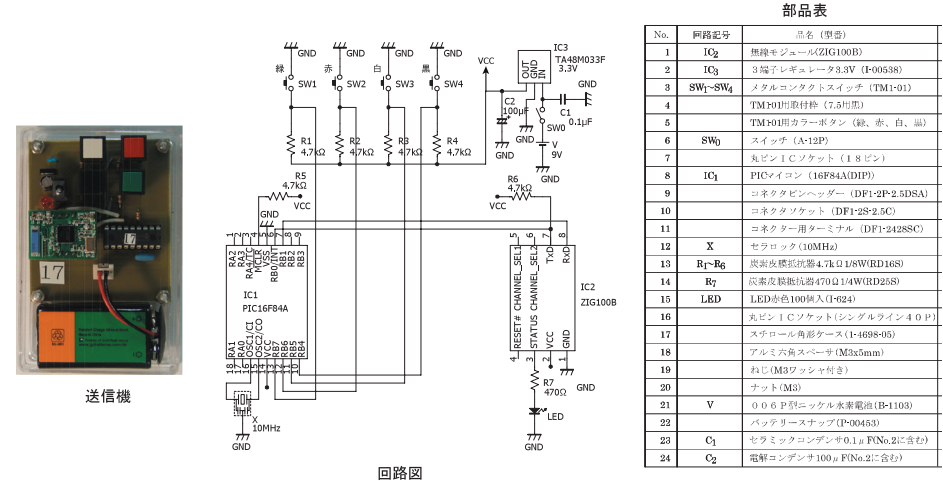
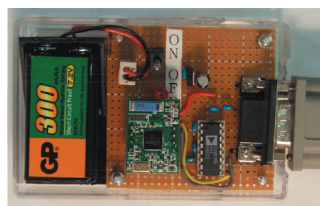


図5 授業設計支援システムの送信機
Fig. 5 Transmitter of course design support system.

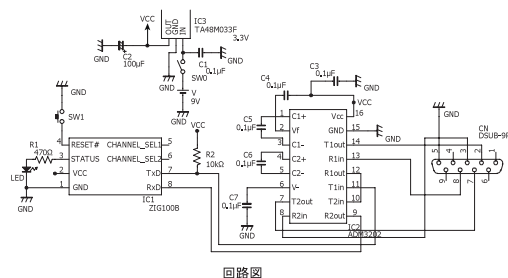
無線システムと干渉が生じることがあるため、並行して赤外線タイプのものを販売するメーカーも多い¹³⁾。一方、本システムは2.4GHz帯の無線でZigbee²⁰⁾を使う。Zigbeeは、他の無線システムとの干渉を回避する機能があり、機能もシンプルで、価格も安く、機器の小型化や省電力化が行える。また、市販されているIC部品も豊富で自作にも向いている。

図5に試作したシステムの送信機を示す。送信機は電源部、制御部、送信部からなる。送信部は、Zigbeeモジュール²¹⁾によりZigbeeプロトコルで通信する。Zigbeeモジュールは、1つのネットワーク上に最大で65,535ノードの接続ができ、30ミリ秒程度でアドホックなネットワークを構築したり、15ミリ秒程度でスリープ状態から回復し、また高度な通信にも対応している。

送信機の基板はプリント基板製作フリーソフトPCBEを用いて設計した。その後、基板加工機で基板を加工し、部品の半田づけを行った。電源部では、Zigbeeモジュールの印加電圧範囲が $3.3V \pm 10\%$ であるため、電池からの電圧をレギュレータで3.3Vまで落としていた。制御部では、マイコンが常時4つのボタンを監視し、ボタンを押すと、送信機番号と解答番号(計2バイト)を送信部に送る。送信部では、制御部から受け取った送信機番号と解答番号を受信機に送信する。



受信機



回路図

図 6 授業設計支援システムの受信機

Fig. 6 Receiver of course design support system.

図 6 に試作した授業設計支援システムの受信機を示す。受信機は手配線で作成した。受信機は Zigbee モジュールで受け取ったデータをパソコンへ送信する。Zigbee モジュールの動作電圧 3.3V をパソコン側のインタフェース $\pm 12V$ に合わせるため ADM3202 (ラインドライバ/レシーバ) でレベル変換する。送信機は、屋内で最大スループットが 250 kbps で約 64 m の伝送が可能であり大教室でも十分に活用できる。また 40 台の送信機から、同時に送信する実験を 5 回行った結果、受信されるまでに押されるボタンは平均で 1.68 回であった。

3.3 操作画面

図 7 に授業設計支援システムの操作画面を示す。製品版の応答システムは、画面上に豊富なメニューとボタンが配置されている。そのため教師は、事前の入念な操作練習が必要である。一方、本システムは、操作画面上には必要最低限のメニューとボタンを配置しており、簡単に操作できる。

- (1) 問題選択: 表示する問題をドロップダウンリストから選ぶ。問題ファイルの読み込みは、(ファイル) → (問題ファイルの読み込み) から行う。
- (2) 問題表示領域: テキスト形式の問題と図を含む問題では画像形式のファイルを表示

No.	回路記号	品名(型番)	個数
1	IC ₁	無線モジュール(ZIG100B)	1
2	IC ₃	3端子レギュレータ3.3V (1*00538)	1
3	SW ₀	スイッチ (A-12P)	1
4	SW ₁	プッシュスイッチ	1
5	IC ₂	ライン・ドライバ/レシーバ (ADM3202)	1
6		1Cソケット (1.8ピン)	1
7		コネクタピンヘッダー (DF1-2P-2.5DSA)	1
8		コネクタソケット (DF1-2S-2.5C)	1
9		コネクタ用ターミナル (DF1-2428SC)	2
10	R ₁	炭素皮膜抵抗器470Ω 1/4W(RD16S)	1
11	R ₂	炭素皮膜抵抗器10kΩ 1/4W(RD25S)	1
12	LED	LED赤色100個入 (I-624)	1
13	V	0 0 6 P型ニッケル水素電池 (B-1103)	1
14		0 0 6 P用電池ケース (EH-6VPC)	1
15	C ₁	セラミックコンデンサ0.1μF(No.2に含む)	1
16	C ₂	電解コンデンサ100μF(No.2に含む)	1
17	C ₃ ~C ₇	セラミックコンデンサ 0.1μF(No.5に含む)	5
18	CN	DSU189Pメス (C-645)	1
19		スチロール角形ケース (1-4698*05)	1
20		アルミ六角スベア (M3x5mm)	4
21		ねじ (M3ワッシャ付き)	4
22		ナット (M3)	4

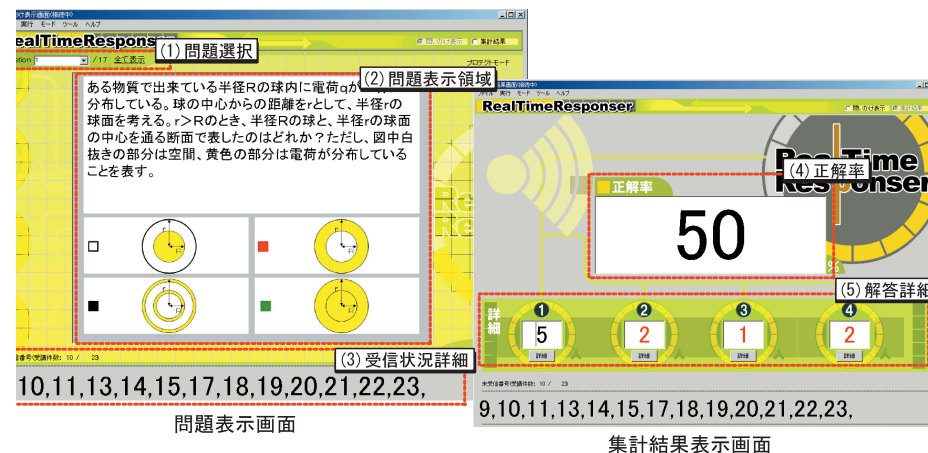


図 7 授業設計支援システムの操作画面

Fig. 7 Operation screen of course design support system.

する。

- (3) 受信状況詳細: 送信機の受信状況を表示する。未受信の送信機の数台が 20 以下になれば未受信番号が表示される。
- (4) 正解率: 全体の正解率が表示される。
- (5) 解答詳細: 解答項目を選択した人数を表示する。また、各項目の詳細ボタンで送信機番号を表示する。

4. 運用事例

試用実験では、本システムを形成的評価に利用することで、リアルタイムな学生の反応から学生が間違いやすい内容など授業改善の手がかりを効率良く収集する。本章では、ID 手法による設計から形成的評価、実施に至る授業の改善方法を述べる。

4.1 授業改善の実施例

これまで授業に応答システムを活用することで、学生 1 人ひとりの「能動的な学習」、「授業との結びつき」、「授業の楽しさ」などを高める授業設計手法^{14),15)}やその実践^{16)~19)}が行われている。そこでは、より高い学習効果を得るために ID 手法の利用やグループ活動を中心とした協調学習が実施されている。一方、本研究では、応答システムを形成的評価に利

01. ガウスの定理 1-1. +の電荷とーの電荷の電気力線 100% 1-2. 電荷量と電気力線 88% 1-3. 閉曲面と電気力線 (1) 71% 1-4. 閉曲面と電気力線 (2) 86% 1-5. 閉曲面と電気力線 (3) 38% 1-6. 閉曲面と電気力線 (4) 62% 1-7. ガウスの定理の一般式 100%	05. 同心球殻におけるガウスの定理 5-1. 球内の電荷分布 (1) 55% 5-2. 閉曲面の概念 (1) 45% 5-3. 閉曲面の概念 (2) 85% 項目漏 3: 一様に分布の日本語の意味 項目漏 4: 導体の電荷分布 5-4. 球内の電荷分布 (2) 25% 5-5. 球内部の電荷密度 45% 5-6. 球内部の電荷の総量 40% 5-7. 球内部の電界 50% 項目漏 5: $y=ax$, $y=a/x$ のグラフ 5-8. 電界と距離の関係 (1) 25% 5-9. 電界と距離の関係 (2) 40%	07. 同心球殻 (絶縁体) における電界と電位 7-1. 同心球殻の断面図 67% 項目漏 8: 絶縁体の電荷分布 7-2. 同心球殻の電荷分布 21% 7-3. 同心球殻の外部の電界 47% 7-4. 外部球殻の電界 42% 7-5. 内部球と外部球殻の電界 58% 7-6. 内部球の電界 37% 7-7. 同心球殻の電界と距離の関係 74% 7-8. 外部球殻の電位 42% 7-9. 内部球と外部球殻の間の電位 58% 7-10. 内部球と外部球殻の間の電位の計算 47% 7-11. 内部球面上の電位 74% 7-12. 内部球の電位 53% 項目漏 9: 積分 $\int x^n dx$ ($n<0$) ② 7-13. 内部球の電位の計算 26% 7-14. 同心球殻の電位と距離の関係 68%
02. 平面对称のガウスの定理 2-1. 電荷密度 33% 2-2. 物体の配置図 52% 2-3. 直方体の面積の計算 (1) 81% 2-4. 直方体の面積の計算 (2) 71% 2-5. 平面对称のガウスの法則 (1) 67% 2-6. 平面对称のガウスの法則 (2) 33% 2-7. ガウスの定理の計算 57%	06. 同心球殻における電位 6-1. 電界と電位の計算 (1) 70% 6-2. 無限遠における電位 80% 6-3. 球外部の電位 55% 項目漏 6: 積分 $\int x^n dx$ ($n<0$) ① 6-4. 球外部の電位の計算 30% 6-5. 電位と距離の関係図 (1) 65% 6-6. 球内部の電位 (1) 50% 6-7. 球内部の電位の計算 (5) 65% 6-8. 電位と距離の関係 (2) 60% 6-9. 導体での同心球殻の電荷分布 59% 6-10. 内部球と外部球殻の間の電界 59% 6-11. 内部球の電界 53% 6-12. 同心球殻の電界と距離 59% 6-13. 内部球と外部球殻の間の電位 59% 項目漏 7: 電界と電位の関係式 6-14. 内部球の電位 (等電位面) 24% 6-15. 同心球殻の電位と距離の関係 47%	08. 同心球殻 (絶縁体) のコンデンサーの電気容量 8-1. 静電エネルギーの一般式 41% 項目漏 10: 電気容量の計算 8-2. 同心球殻におけるコンデンサー容量 29% 8-3. 同心球殻の静電エネルギー (1) 59% 8-4. 同心球殻の静電エネルギー (2) 35% 項目漏 11: 3次元物体のイメージ 8-5. 球における静電エネルギー (1) 0% 8-6. 球における静電エネルギー (2) 53% 8-7. 同心球殻の静電エネルギー (3) 82% 項目漏 12: 積分 $\int x^n dx$ ($n<0$) ③ 8-8. 同心球殻の静電エネルギーの計算 29%

図 8 授業改善の実施例 (要素問題と教授項目の漏れ抽出例)

Fig. 8 Embodiment of the course improvement (The examples of leak extraction for the element and the teaching items).

用して、リアルタイムな学生の反応から学生が間違いやすい内容など授業改善の手がかりを効率良く収集する。

図 8 に授業改善の実施例として、要素問題と教授項目の漏れ抽出例を示す。ここに ID 手法の目標分析の考え方に従って分けた 67 題の要素問題を示す。また各要素問題の正解率を左側に示す。正解率が 30% 以下の問題の誤答理由を自由記述式の質問紙により提出を求め、ID 手法における目標分析の教授項目漏れを確認した。その結果、四角で囲った 12 項目が教授項目漏れとして抽出された。その内訳は、高校までの数学が 4 項目、高校までの物理が 2 項目、日本語の意味が 1 項目、物体の立体的イメージが 2 項目、大学の内容が 3 項目であ

表 1 設問 1, 2 の正解分布 (学生の素点と各要素問題の関係)
Table 1 Distribution of correct answer of Q1 and Q2 (The relations of raw score and the issue of each element of the student).

		学生の素点																									
		66点	45点	36点	34点	68点	38点	50点	0点	60点	40点	10点	0点	28点	10点	未受験	74点	59点	33点	55点	5点	0点	36点	未受験	正解率		
各要素問題	Q1																										
	1-1	○	○	○	遅刻	○	遅刻		遅刻	○	○	遅刻		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100%		
	1-2	○	○	○	遅刻	○	遅刻		遅刻	○	○	遅刻		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	88%		
	1-3	○	○	○	遅刻	○	遅刻		遅刻	○	○	遅刻		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	71%		
	1-4	○	○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	86%		
	1-5	○	○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	38%		
	1-6	○	○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	62%		
	1-7	○	○	○	○	○	○			○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100%		
								欠席						欠席													
	Q2																										
	2-1	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	33%
	2-2	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	52%
	2-3	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	81%
	2-4	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	71%
2-5	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	67%	
2-6	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	33%			
2-7	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	57%		

要素問題の正解に○

る。たとえば、高校までの数学では $y = ax$ の正比例や $y = a/x$ の反比例で係数 a が複雑になればグラフの形が分からなくなる学生や $\int x^n dx$ ($n < 0$) の積分ができない学生がいる。また、文章から出題された 3 次元の物体がイメージできない学生もいる。授業では高校までの物理や数学を簡単に説明していたが、それでは不足で抽出された項目は、演習問題も含めた説明が必要である。抽出された教授項目漏れから、高校までに身につけておかねばならない内容の理解不足が追試験の学生の増加につながっていることが分かる。

また、多くの学生が各要素どうしの問題のつながりが理解できていないことも分かる。補講では各設問の後半に正解率が高くなるように工夫している。その工夫点は 2 つある。1 つは、各要素問題は各ステップの難易度に差が出ないように配慮した点である。もう 1 つは、各要素問題の解説を行いながら補講を行った点である。論理的な思考力があれば後半に正解率が上がってくるはずである。少なくとも、各設問の前半と後半で同程度の正解率でなければ授業設計の改善が必要である。各要素問題の正解率を見ると、設問 1, 2, 3 は正解率が 30% 以下の問題がなく、正解率の平均では前半と後半が同程度の分布になっている。表 1 に設問 1, 2 における学生の正解分布を示す。表の左側に問題番号、右側に上側の項目に追試験の素点を示す。正解分布に一貫性が見られない学生を破線で示す。このような正解分布であれば、明らかに各要素どうしの問題のつながりが理解できていない。このことは、追試験の素点からも明らかである。このような学生に対しては、早めのサポートが必要である。このように、本システムを利用した授業では、正解率と正解分布を適切な授業進行に利用できる。

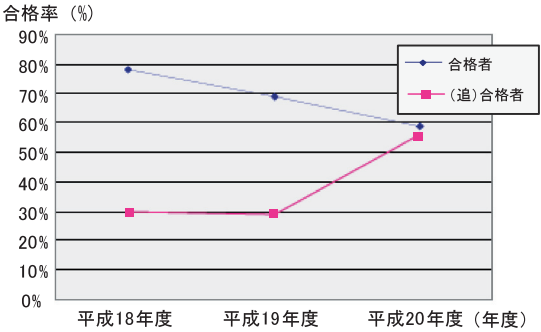


図 9 過去 3 年間の合格者の推移

Fig. 9 The change of the successful candidate in the past 3 years.

表 2 運用結果（補講前後の成績変化）

Table 2 Learning results (The resulting change from before and after the make up classes).

	補講前（素点）	補講後（素点）
2年生（13人）	24.5	36.4
3年生（5人）	22.6	46.2
4年生（3人）	20.7	13.7
平均（21人）	23.4	36.9

4.2 システム評価

過去 3 年間の合格者の推移と補講前後の成績からシステムの有用性を評価する。図 9 に過去 3 年間の合格者の推移を示す。縦軸に合格率、横軸に年度を示す。図より合格者が年々減り続けていることが分かる。平成 18 年度 78%あった合格率が平成 20 年には 58%に落ちている。追試の合格者は平成 18 年度と平成 19 年度は横ばいであるが、システムを導入した平成 20 年度は、飛躍的に合格率が向上している。合格の基準は、試験の素点に補講の出席点を加えた点数が 60 点以上としている。

次に、補講前後の成績からシステムの有用性を検証する。表 2 に補講前後の試験の素点の平均を示す。2 年生は期末試験の素点を示し、再履修である 3、4 年生は昨年度の追試験の素点を示している。4 年生で少しの成績下降があるが、2、3 年生とも成績が向上している。特に、3 年生は 20 点以上も成績が向上している。また、全学年の平均点からも成績の

表 3 アンケート項目と回答結果

Table 3 The contents of a questionnaire and a result.

番号	質問項目
Q1	リモコンの操作性はどうか？ a. 非常に良い b. まあ良い c. あまり良くない d. 良くない
A1	a. 7 票 b. 9 票 c. 0 票 d. 0 票
Q2	学習の流れは適切でしたか？ a. 非常に良い b. まあ良い c. あまり良くない d. 良くない
A2	a. 1 票 b. 11 票 c. 4 票 d. 0 票
Q3	通常の授業でこのシステムを使うと学習意欲が向上すると思いますか？ a. 非常に良い b. まあ良い c. あまり良くない d. 良くない
A3	a. 6 票 b. 9 票 c. 1 票 d. 0 票
Q4	通常の授業でこのシステムを使うと学習効果が向上すると思いますか？ a. 非常に良い b. まあ良い c. あまり良くない d. 良くない
A4	a. 1 票 b. 10 票 c. 4 票 d. 4 票

向上が確認できる。このように、過去 3 年間の合格者の推移と補講前後の成績比較から学習効果向上が明らかとなった。

5. おわりに

本論文では、市販の IC を利用して簡便な操作性を備えた応答システムを自作し、ID 手法による設計から形成的評価、実施に至る授業の改善方法を述べた。授業改善の手がかりとして、実際に学生から得られる情報ほど確かなものはない。応答システムを形成的評価に利用することで、リアルタイムな学生の反応から学生が間違いやすい内容などの授業改善方法を効率良く見つけることができる。

本システムの試用実験では、ID 手法における目標分析の教授項目漏れを 12 個抽出し、授業改善の実施例を示した。また正解率と正解分布は、適切な授業進行に利用できることを示した。

今後は、通常の授業に本システムを利用していくことにより、補講を受ける学生を減少させることに努めていきたい。

参 考 文 献

- 1) 鈴木克明, 根本淳子, 市川 尚, 三石 大, 波多野和彦, 小松秀国: ID 専門家養成のためのブレンド型 e ラーニングの実践, 教育システム情報学会誌, Vol.23, No.2, pp.59-70 (2006).
- 2) 藤田紀勝, 林 敏浩, 山崎敏範: Web デザイナー養成のためのイラスト作成訓練学習システム, 教育システム情報学会誌, Vol.24, No.4, pp.364-372 (2007).
- 3) ネクストエデュケーションシンク株式会社: Designer's Edge.
http://www.nextet.net/de/index.html
- 4) 日本ユニシス株式会社: UNIKIDS. http://learning.unisys.co.jp/consulting/id.html
- 5) 技術・技能教育研究所: CUDBAS.
http://homepage2.nifty.com/ginouken/cudbas_new.html
- 6) 藤田広一, 平田啓一, 佐藤隆博: 集団学習反応測定装置に関する理論的考察, 電子通信学会論文誌, Vol.52-C, No.12, pp.820-826 (1969).
- 7) 藤田恵璽, 成瀬正行: テスト項目の反応時間, 日本教育工学論文誌, Vol.1, No.1, pp.27-36 (1976).
- 8) 山崎敏範, 田中吉資, 若山皖一郎, 近藤浩二, 須永哲雄, 宇川勝美, 松下文夫: 応答時間の特性と利用法, 日本教育工学論文誌, Vol.3, No.1, pp.39-47 (1978).
- 9) 石川恵子, 荒屋真二, 永岡慶三: 集団学習応答曲線の逐次パラメータ推定とその学習進行制御への応用, 日本教育工学論文誌, Vol.7, No.3, pp.121-128 (1983).
- 10) 永岡慶三: レスポンスアナライザを用いた授業進行支援システムの開発, 日本教育工学論文誌, Vol.10, No.3, pp.11-17 (1986).
- 11) Elnstruction: Response pad. http://www.Elnstruction.com
- 12) Turningtechnologies: Response Card. http://www.turningtechnologies.com
- 13) 山田邦雅: 自作クリッカーシステムによる授業, 高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習, Vol.16, pp.19-29 (2008).
- 14) Beatty, I.D., Gerace, W.J., Leonard, W.J. and Dufresne, R.J: Designing effective questions for classroom response system teachin, *American Journal of Physics*, Vol.74, No.1, pp.31-39 (2006).
- 15) Caldwell, J.E.: Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips, *CBE-Life Sci. Edu.*, Vol.6, pp.9-20 (2007).
- 16) 鈴木久男, 武貞正樹, 引原俊哉, 山田邦雅, 細川敏幸, 小野寺彰: 授業応答システム“クリッカー”による能動的学習授業—北大物理教育での1年間の実践報告, 高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習, Vol.16, pp.1-17 (2008).
- 17) DeBourgh, G.A.: Use of Classroom “Clickers” to promote acquisition of advanced reasoning skills, *Nurse Education in Practice*, Vol.8, Issue 2, pp.76-87 (2007).
- 18) Graham, C.R., Tripp, T.R., Seawright, L. and Joeckel, G.: Empowering or compelling reluctant participators using audience response systems, *Active Learning in*

Higher Education, Vol.8, No.3, pp.233-258 (2007).

- 19) Siau, K., Sheng, H. and Nah, F.F.-H.: Use of a Classroom Response System to Enhance Classroom Interactivity, *IEEE Trans. Education*, Vol.49, No.3, pp.398-403 (2006).
- 20) ZigBee Alliance. http://www.zigbee.org
- 21) ベストテクノロジー株式会社: ZIG100B マニュアル.
http://www.besttechnology.co.jp/download/INETPDF/BTX025%20ZIG-100B.pdf

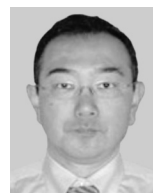
(平成 20 年 11 月 27 日受付)

(平成 21 年 7 月 2 日採録)



藤田 紀勝 (正会員)

1995 年職業能力開発総合大学校長期課程電子工学科卒業。1997 年同大学校研究課程工学研究科修了。2008 年香川大学大学院工学研究科博士後期課程修了。現在、四国職業能力開発大学校講師、職業能力開発総合大学校特任講師、教育支援システムの研究に従事。電子情報通信学会、教育システム情報学会、産業教育学会各会員。博士 (工学)。



小野寺理文

1983 年東京都立大学理学部卒業。1985 年同大学院理学研究科修士課程修了。1995 年群馬大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士課程修了。1987 年職業訓練大学校電子工学科助手, 1992 年同講師, 2000 年同助教授。1995 年フィンランド共和国ヨーエンス大学物理学科客員研究員。日本応用物理学会, 日本光学会会員, 米国光学会会員, 計測光学, 光情報処理の研究に従事。博士 (工学)。



池田 秀聡

2008 年四国職業能力開発大学校専門課程情報技術科卒業。同年同応用課程生産情報システム技術科入学。教育支援システムに興味を持つ。



林 敏浩（正会員）

1989 年徳島大学工学部情報工学科卒業。1991 年同大学院工学研究科修士課程修了。1994 年同博士後期課程修了。同年佐賀大学理工学部講師。1996 年同助教授。2004 年香川大学総合情報基盤センター助教授。2009 年香川大学図書館・情報機構助教授。高度教育システムの研究に従事。電子情報通信学会，教育システム情報学会，日本教育工学会，人工知能学会，ゲーム学会各会員。博士（工学）。



山崎 敏範（正会員）

1966 年大阪大学工学部卒業。1968 年同大学院工学研究科修士課程修了。同年関西大学工学部電子工学科助手，1970 年香川大学教育学部助手，教授，附属高松中学校長併任，1993 年スイスベルン大学情報科学研究所客員研究員を経て，1998 年香川大学教授，2007 年放送大学香川学習センター所長，教育工学，パターン計測・認識等の研究に従事。電子情報通信学会，物理学会，システム制御情報学会各会員。工学博士。