

ICタグを用いた出席管理システムの開発と運用

大見 嘉弘 *

概要

主に大学の講義において出席を取るためにICタグを用いた出席管理システムを開発した。また半期の授業で本システムを用いた。ICタグを用いた出席管理には、出席を取るための教員の手間が大幅に少なく、学生の手間も少ないという利点がある。当初は、ICタグを携帯していれば教室の入口を通り過ぎるだけで出席が取れるシステムを目指し、試行実験を行った。しかし、十分な性能が得られる目処が立たず、人がリーダーにICタグをかざす方式でシステムの開発を行った。講義では、事前に学生にICタグが入った出席カードを渡し、Webで登録を行わせた。実際の講義では、教員が指示した時間に学生自らICタグをリーダーにかざすことで出席を取った。半期使用した結果、本システムは十分に実用的であることが分かった。しかし、代返を完全には防げなかったこと、ICタグの耐久性が十分でないといった問題点が判明した。

キーワード：ICタグ、出席管理、授業支援、インタフェース、ITと教育

Development and Operation of an Attendance Management System using IC Tags

Yoshihiro OHMI

An attendance management system using IC tags is developed and utilized on a lecture. Purpose of the system is mainly for taking attendance of lectures in an university. The attendance management system using IC tags has an advantage which is less load of a teacher and students when taking attendance. In the first step, I aimed to taking attendance when a student pass through only an entrance of classroom. However no enough performance is expected. Then I developed an attendance system which the student put the IC tag manually on the reader. In the first lecture, the IC tags were rented to students, then they registered IC tag by using World Wide Web. In the rest lectures, the students put the IC tag manually on the reader during that the teacher expressed. In a result of utilizing on a half year, I conclude that the system is practical in use. However some problems are appeared such as doesn't prevent fake attendance perfectly and durability of IC tag is not enough.

Keyword：RFID, attendance system, support of lectures, human interface, IT and education

1. はじめに

大学などの高等教育機関において、授業時の出席管理は大きな負担となっていることが多い。出席を取る方法として、古くは学生が出席表や出席カードに記入するのが一般的であったが、最近は携帯電話やPCなどの電子機器を用いた方法が数多く提案され、利用されている。新たな方式の利点には以下があげられる。

(1) 教員の手間、作業量の低減

授業時に紙を配る手間や紙の内容をPCに転記する手間がなくなる。

(2) 学生の手間の低減

紙に氏名などを記入する手間がなくなる。

(3) 学生への利便性向上

各授業の出席状況を確認する機能を提供できる。

しかし、従来にはなかった以下の欠点がある。

(1) コストが高い

特に導入コストが高いものが多い。

(2) 出席の不正行為への対応

紙の場合とは違う側面に留意する必要がある。

(3) 分かりにくさ

インタフェースをうまく設計しないと、利用者にとって取っ付きにくく、誤解や混乱を生じる恐れがある。

本研究では、以上の利点、欠点を考慮した上で、ICタグを用いて出席を取るシステムを開発し、授業で半期の間使用した。ICタグを用いた出席管理システムには、上記利点の(1)～(3)を満たすという特徴があるが、欠点の(1)、(2)が問題になる。特にコストについては、教室への設置などにより、大掛かりで高価になることが多い。しかし、本研究で開発したシステムは教員のノートPC+ICカードリーダー（以下リーダー）という構成にすることで安価に導入でき、教員が手軽に使用できることを特徴としている。また、出席を取る際に教員の目があるため、代返などの不正行為が生じにくいという特

徴がある。

2. ICタグを用いた出席管理システムの特徴

2.1 経緯

2003年頃にICタグが実用化され、2004年には日本各地で実証実験が行われた。ICタグは、タグが比較的安価で、種類によっては離れていても認識できるため、出席を取ることに使えないかと考え、2004年に研究を開始した。

2.2 ICタグの種類と特徴

ICタグ（RFIDタグ）は、情報を記録しておく小さなICチップと無線通信用のアンテナを組合せた小型装置である [1]。タグはクレジットカードサイズ程度のものや、それより小さいものが一般的で、携帯に便利で無線（電磁波）でやりとりするので、線をつなぐような手間がなく手軽に使える。また、1個100円以下の価格で購入できるタグが増えており、今後も低価格化が期待されている。

しかし、無線を使うため周囲の状況に影響を受けやすく、思うように通信が行えないケースも少なくない。また、ICタグの種類により特性も大きく異なる。実際に運用するには、十分なノウハウが必要で一筋縄ではいかないところがある。

現在、日本で良く使用されているICタグの種類とそれぞれの特徴を以下に述べる。

・13.56MHz帯ICタグ

比較的古くに開発された種類で、電磁誘導による方式であるため、通信距離が短い（通常5cm程度、高出力品で80cm程度）。しかし通信範囲が幅広く、扱いやすい。また、水分による影響を受けにくい。タグの大きさが比較的大きい（クレジットカードサイズ程度が多い）。SuicaなどのFeliCa [2] も同様の方式であり性質も同様である。ただし、通信規約が異なるため互換性はない。

・2.45GHz帯ICタグ

電波による方式のため、通信距離が長く（最

大2m)、周波数が高いためアンテナを小型化できる。しかし、通信範囲が非常に狭い、水分による影響が大きいなど扱いづらい面もある。

・UHF帯ICタグ (950MHz～956MHz)

通信距離が最大8mと長いのが特徴である。さらに、通信範囲も幅広い。しかし、水分による影響が大きく、タグも比較的大きくなるのが難点である。

・アクティブ型ICタグ

電池を内蔵している方式で、通信距離が長い(10m以上)。数年に一度は電池を交換する必要があり、タグが比較的大きく分厚い。また、タグが高価である。

2.3 ICタグを用いた出席管理システム

上述したICタグで出席を取る方式には利点が多い。まず手軽である。ICタグをリーダー部分にかざすだけで出席が取れる。学生にとっては、出席表や出席カードに氏名を記入するより楽である。以前は磁気カードやバーコード付きカードで出席を取る試みもあったが、リーダーのスリット部に差し込んで通す必要があり、一人当りの読み取り時間が長い。また、物理的に接触するため耐久性も比較的低い。バーコードは、リーダーを使う場合に向きを合わせる必要があり、やはり読み取り時間が長くなりがちである。また、偽造される可能性も高い。ICタグは、機械的部分がなく、一人当りの処理時間も早く、近づけるだけで良いので使い勝手も良い。また、固有番号が偽造される恐れも非常に少ない。

以上のような利点から、ICタグやICカードを使った出席管理システムを導入する教育機関が増えてきた。しかし、ICタグやICカードを他人に貸して代返す恐れがある。他人に貸さないようにするため、様々な工夫が行われているが、決定打はまだない状態である。

また、従来のICタグやICカードを用いた出席管理システムは、ほぼ全て13.56MHz帯の方式を採用している。このため、通常はリーダーに数cmまで近づけるか接触させないと読むことができない。そこで、本研究の当初は、従来

のICタグによる出席管理システムの利点をさらに押し進めて、「リーダーにICタグを近づけなくても、教室に入るだけで出席となる」システムを目指した。例えば、学生がポケットなどにICタグを携帯しておけば、ポケットから出さなくても、教室入口付近のリーダーと通信し、その者を出席とする。この実現のためには、まず通信距離の長さが重要になる。そこで、エイリアンテクノロジー社製2.45GHz帯ICタグの開発キットを購入した。これを教室の入口付近に設置し、ICタグを持った学生が通り過ぎるだけでICタグと通信することを想定した。¹

3. ICタグで出席を取る方法の検討

3.1 ICタグ方式の検討

まず、実際に授業で使用するシステムを開発する前に、2.45GHz帯ICタグで目標とする「通り過ぎるだけで出席が取れる」かどうかの試行実験を行なった。実験は、ICタグのリーダーのアンテナを壁際に設置し、その周辺でICタグを動かして、どの位置でどの程度の精度で読み取りが行なえるかを調べた。その結果、2.45GHzのサービスエリアは仕様より相当狭く、目標とする「通り過ぎるだけ」で読める機能は到底実現できないことが分かった。

購入した2.45GHz帯ICタグリーダーのサービスエリア(カタログ値)を図1に示す。この範囲内にICタグがある場合は、読み取りが行える。図1のように非常に指向性が高く、幅が狭い。さらに、試行実験では、上記カタログ値に遠く及ばない結果となった。一番距離が届く場合も、700mm程度であり、また横方向の幅の広さも400mmには遠く及ばなかった。また、リーダーに比較的近づけた状態でも読めない場合があり、安定性という点で、出席を取る用途には耐えないと判断した。

この理由として、ICタグは、周囲の金属や人体の水分の影響を受けやすいことがあげられる。カタログ値は電波暗室内で測定した理想的な値であり、実際に使用する場合は、周囲の環

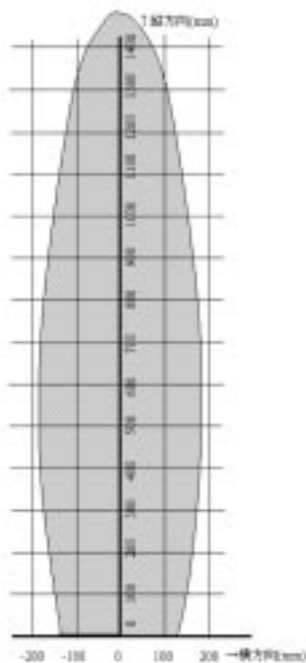


図1. 2.45GHz帯ICタグリーダーのサービスエリア

境により大きく性能が低下することがある。さらに、購入したリーダーには、送信アンテナと受信アンテナの2つのアンテナがあり、それぞれ200mm四方程度の大きさがあり、重ねるこ

とができない。このため、アンテナのごく近くの読み取りが不安定になり、300~500mm程度離れた位置が一番読みやすくなった。利用者は、ICタグの読み込みが不安定だと、ICタグをよりアンテナに近づける傾向がある。アンテナに近づけるほど読み取りにくくなる特性は致命的である。「アンテナから50cm程度離してください」と指示しても、何も見えない空間上の位置であり、利用者は相当手間取ることが予想される。それであれば、アンテナにタッチすれば確実に読める方式のほうがよほどスムーズに運用できると予想する。

上述した実験で2.45GHz帯ICタグでは当初の目的を果たせないと判断した。そこで、例えばSuica [2] [7] のようにアンテナに数cm以内に近づければ確実に読める方式により出席システムを実現することにした。具体的には2.45GHz帯ICタグの代わりに13.56MHz帯ICタグ [3] を用いることにした。図2にリーダー（オムロン製 V720S-HMF01）のサービスエリアを示す。カタログ値ではアンテナの中心から45mm以内に近づければ読めることになっているが、実際には20mm以内でないと安定した読み込みは期待できない。しかし、とにかく近づければ確実に読めるので、「ICタグをここに置

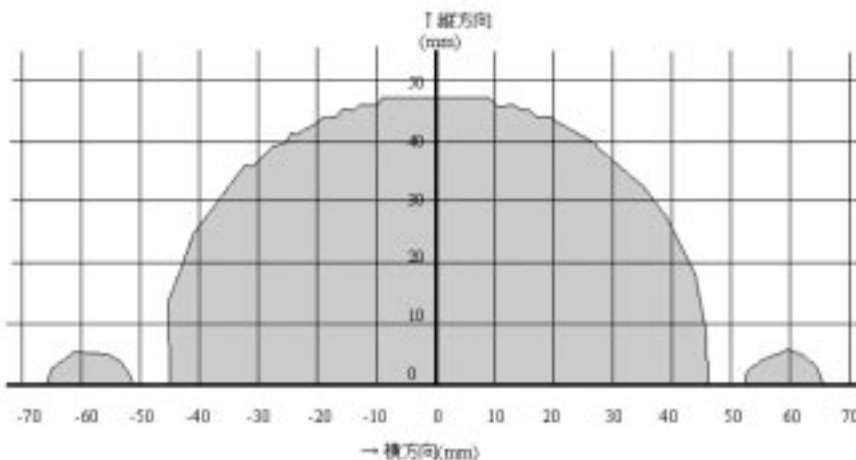


図2. 13.56MHz帯ICタグリーダーのサービスエリア

いてください」という指示をすれば十分機能できる。

3.2 システムの使用形態の検討

13.56MHz帯を採用し、ICタグが確実に読めたとしても、代返の問題は全く払拭されていない。教室入口にリーダーを設置する場合、授業開始前に入室する、あるいは終了後に退出するタイミングで出席確認するのが通例である。このためICタグをかざす際に人の目がない場合が多く、知人の学生にICタグを預けると容易に代返できてしまう。だからといって、教員が目視するために、授業中に学生が入口まで行ってICタグをかざさせるのも不合理であり、学生の不満が予想される。

そこで、リーダーを教室に設置するという従来の方法から発想を転換し、教員が授業時にリーダーを教室に持ち込むようにした。教員は教卓などにリーダーを設置し、授業の特定の時間に学生にICタグをかざさせる。授業中にわざわざ前に出てくるという学生の手間が生じるが、教員の目があるため代返はほとんど生じないことが期待できる。

また、教室にリーダーを設置する必要がないため、使用する教室を問わなくなり、費用面と自由度において大変有利になる。

4. ICタグを用いた出席システムの開発と運用

4.1 出席管理システムの開発

使用したICタグリーダーはCompactFlash規格のカードであり、通常はノートPCのPCカードスロットに挿入することになる。そうなるとリーダーの位置に大きな制約が生じるため、USB接続によるアダプタを使用した。これにより、リーダーを使いやすい位置に設けることが可能になった。図3に本システムの写真を示す。

ソフトウェアの開発環境はProcessing [4]を用いた。ProcessingはJavaを元にした開発環境であり、特にグラフィックスを用いたソフトウェアを開発する場合に、Javaより格段に平易



図3. 出席管理システムの全体写真

に開発できる利点がある。また、通常のJavaライブラリを利用することも可能である。リーダーとのやり取りはシリアル通信で行われるため、Java Communication API を用いて、Processingからリーダーへのコマンド送付、レスポンス取得を実現した。

本システムの利用手順は以下の通りである。

- (1) 教員が使用しているノートPCにICタグリーダーを接続する。
- (2) 学生は自身のICタグをリーダーにかざす。学生がかざす順番は順不同である。
- (3) 図4に示すようにノートPCに学生の学籍番号と氏名が大きく表示される。

システムを開発するにあたり、ICタグと学生との間の関連付けの問題が生じた。今回使用したICタグに保持できる情報には、UIDとユーザ



図4. 出席システムの出席確認画面

エリアがある。UIDは工場出荷時に記録された固有IDであり、全て異なるコードが振られており書き換えはできない。対してユーザエリアはリーダーを用いて自由に書き換えられる。ユーザエリアに学籍番号などの情報を書き込んで利用する方法が考えられるが、書き込み時にリーダーが必要で、学生一人ずつ書き込むことになるため、登録に時間がかかる欠点がある。また、今後学生がリーダーを入手し、ユーザエリアを不正に書き換える可能性もゼロではない。このため、今回はUIDを用いて、ICタグと学生を関連付けることにした。

UIDは機械的に振られた16桁の16進コードである。このUIDと学生情報を何らかの方法で関連付ける必要がある。今回は、学生自身が指定されたWebページにアクセスして、UIDと学籍番号、氏名を登録する方式にした。

しかし、UIDは電子的に記録されているのみで、リーダーで読み取らないと分からない。また、使用するICタグ（OMRON製 V720-D52P52）は、工場向けの非常に薄いフィルム状のため、そのまま携帯すると折れ曲がり簡単に故障してしまう。そこで、UIDを書いたラベルを作成し、ICタグと重ねてラミネート加工し、出席カード（図5）を作成した。ラベルに表記したUIDにはチェックサム2桁を付加し、Web登録時の入力ミスを防ぐようにした。

4.2 出席管理システムの運用



図5. ICタグ入り出席カード

開発した出席管理システムは、2007年度後期の授業「アルゴリズムとデータ構造II」において、全12回の授業のうち9回で使用した。残り3回は出席カードを書かせて出席を取った。各回の出席者は履修者87名のうち、57～64名であった。教室は100席強の広さの一般的な教室であった。

出席管理システムの運用は以下の要領で行った。

- (1) 初回の授業で各学生にICタグ入り出席カードを配る（この日の授業は紙で出席を取った）。
- (2) 次回の授業までに学生自身が指定のWebでICタグの登録を行うよう指示する。
- (3) 2回目の授業の直前に、Web登録サービスを終了する。
- (4) 2回目の授業から、授業中の特定の時間に、教員が出席システムを教卓上に設置し、出席者全員にICタグをリーダーにかざさせる。ICタグを持っていない学生には出席カードを書かせる。
- (5) 授業終了後に生成されたCSVファイルを元にExcelで出席を集計する。
- (6) 最後の授業で、配布したICタグを回収する。

上記要領の順を追って、運用結果を述べる。

(1) は、配布するだけで問題は起きなかった。(2) も説明を丁寧に行ったせい、ほぼ全員がWebで登録できたようである。(3) は、一度登録した情報を、登録し直すことで勝手に変更されないようにするための措置である。(4) は、当初は出席を取るのに若干時間がかかったが、数回行くと学生が慣れてきたため2分以内に全員の出席が取れるようになった。出席を取る際に若干の行列が生じることがあったが、特にトラブルは起こらなかった。(5) は、出席を取るとCSVファイルができるため、紙による出席と比べ集計が格段に楽になった。ただし、CSVファイルの内容は、単に出席者の学籍番号と氏名が並んでいるだけであるため、履修者リストとの突合せを行う必要がある。突合せにはRuby

言語で自作したプログラムを使用したため、大きな手間はかからなかった。(6)で回収したICタグを確認したところ、ラミネートの一部がはがれたものや若干の折れ曲がりが生じているものが数枚あった。学生の在学4年間を通して所持させるには耐久性に不安を感じた。

5. 出席を取る方式の比較

5.1 他方式との比較

ここでは、ICタグを用いて出席を取る方式とその他の方式との比較を行なう。なお、ここで述べるICタグの特徴は、本研究で開発したシステム固有の特徴ではなく、ICタグを用いて出席を取るシステム全般に言えることである。

(a) 紙を用いる方式

紙の出席表を配ったり、出席カードを一人ずつに配り回収する旧来からの方式であり、今でも多くの大学で行われていると思われる。本システムはこれらを置き換えることを主眼に置いている。

紙を用いる方式は簡便であるが、出席を集計する作業に多大な手間がかかる。出席表の場合、学籍番号順の表を最初から用意し、チェックさせることで集計の手間が幾分減らせるが、学期初めなど、履修者が確定していない時は困難である。また、代返が容易にでき、真面目に出席している学生が不満を抱くことが多い。

また、出席カードを配る場合は、代返は防げることが、一人一人に配る手間があり、さらに順不同で回収されるため、集計に多大な手間が生じる。

(b) PCによる出席管理

例えば、学生一人一台のノートPCを持っており、ネットワーク接続できる環境が整っていれば、Webなどに接続し、出席とすることができる。また、据置PCがある実習室も同様である。しかし、学生がPCを使わない授業も少なくない。そのような授業で、出席を取るためにPCを使用するのは手間と感ずる可能性がある。また、個人を特定する方法に問題があ

る。一般にアカウント（ユーザIDとパスワード）を用いることが多いが、知り合いに自分のパスワードを教えて代返する可能性がある。パソコン固有の番号（MACアドレスなど）を用いる方法もあるが、MACアドレスの変更や偽称などが可能であり、確実な方法ではない。それに対して、ICタグを用いれば、ICタグ自身を他人に渡すことがない限り、代返はできない。

(c) 携帯電話による出席管理

携帯電話からインターネット上のWebサイトにアクセスし、出席を取るシステムも、数多く試みられている。携帯電話が広く普及しているため、導入コストがかからない利点があるが、授業中に携帯電話を使用させるのが良いのかという、社会的な問題や、携帯電話からアクセスしている学生の物理的位置が特定できないため、例えば、学生が自宅からアクセスして出席とする不正が起こる可能性が高い。このため、黒板にパスワードを書いてそれを入力させるなどの工夫が必要となるが、協力者がメッセージシステムなどを利用して素早く伝える可能性があり、完全に不正をなくせるとは限らない。

以上の(a)～(c)の方式と比べ、ICタグが明らかに有利な点は学生の手間である。必要なのは、リーダーにICタグをかざす手間だけである。さらに本研究が当初目標とした、通り過ぎるだけで出席が取れる方式が実現すれば、かざす必要もなくなる。

また、使い方が簡単なため、学生に使用方法の説明をする手間も少ない。上記(b)、(c)の方法では、使用方法の説明をある程度行う必要がある。学生の中には、パソコンの操作や携帯電話での文字入力などに慣れていない者もいるので、出席を取る時間が長引いたり、操作上のトラブルも起きやすく、担当者がそれらに対応する負担が大きくなりがちである。

5.2 ICタグやICカードを用いる他の出席管理システムとの比較

ここでは本研究と、ICタグやICカードを用いた他の出席管理システムとの比較を行う。IC

タグやICカードを用いた出席管理システムはいくつかの大学で利用されているが、論文等の学術的文書で公表されることは稀で、その内容は主に報道等で把握するしかない。したがってシステムの詳細や運用状況を知ることが非常に困難である。このため、以下の比較は公表されている限られた情報のみに基づいており、実際とは相違している恐れがある。

ここでは、本研究より前に導入されたシステムとして、明星大学と神奈川工科大学の事例を紹介する。

明星大学では2003年より、神奈川工科大学では2006年よりICカードを用いた出席管理システムを導入した² [5] [6]。基本的には教室入口に設置したリーダーにかざすと出席が取れるシステムである³。多くの大学で導入されているものは、同様に、教室常設が主流である。常設のリーダーは高価なことが多く、電源やネットワーク設備が必要なため、さらに設置費用がかさむ。この多大な費用がかかることがICタグやICカードを用いたシステムの最大の欠点である。これに対し、本システムは非常に低コストである。大多数の大学教員はノートPCを既に所有している。本システムでは、そのノートPCを利用するため、ICタグリーダーの購入費用だけで済む。リーダーは5万円程度であり、常設に比べ格段に低コストである。

また、常設リーダーの多くは、表示機能が劣るため、ICカードをかざしても確認音が鳴るだけで、学籍番号氏名が表示されず、その場で学生自身が出席になったか確実には分からないものが多い。これに対して、本システムではノートPCに大きな文字で学籍番号と氏名が表示されるため、学生自身が出席になったことを確認できる。

以上に加え、教室入口に設置したものは代返の問題がある。このため、多くの大学では、学生証にICタグやICカードを埋め込んだものを使用している。それは学生証なら他人に貸さないことを期待したからである。さらに、学生証

にクレジットカードや銀行カードの機能を付ける例もある。しかし、それでも他人に貸す学生が後を絶たないようである。これに対し、本システムではリーダーにかざす際に常に教員の目があるために、大幅に代返を防止できる。

本システムの欠点としては、システム一式を教員が教室に持参する手間がある。しかし、授業時にノートPCを用いる大学教員が多く、そのような場合はリーダーを持参する手間のみが増えるため、大きな問題にはならないと考える。

6. 考察と今後の課題

本研究はSuicaの開発と同じ経緯を辿ったことが、後に明らかになった [7]。Suicaの場合、1995年に試験を行い、当初2.45GHz帯の方式を用いていたが、本研究と同様の問題が生じ、13.56MHz帯の方式に変更した。このことは、ICタグやICカードをヒトが用いる場合、むやみに通信距離が長い方式は扱いづらいという特徴を示唆している。2.45GHz帯の最大の欠点は指向性の強さであるが、通信距離が長いことも欠点となりうる。特に出席に用いる場合、通信できる範囲に複数人が入り得るため、たとえ教員が目視していても、一人で複数のICタグを所持し不正を行おうとしている者を見破れなくなる。結局のところ、出席の不正を防ぐには、本研究で開発したように通信距離をごく短くして、ICタグを持っている者を確実に見分けられる方式が向いていると考える。

本出席システムの運用は、概して成功したと考える。しかし、以下に示すいくつかの細かな問題があった。

4.2の運用の要領 (2), (3) において今回は学生が協力的であったため、事前のWeb登録に問題は生じなかった。しかし、今後は、登録しない者が現れたり、途中から出席を始める学生への対応があり得る。そのため、Web登録のやり方に柔軟性をもたせることが必要となるだろう。(4) においては、表面上は問題がないように見受けられたが、(5) の集計の結果、代返

の可能性が極めて高い者が1名確認された。出席カードで出席を取った回は全て欠席し、本システムで出席を取った回は全て出席していた者である。恐らく、一人で2回並んでリーダーにかざしたものと推察する。この問題を解決するためには、教員がさらに監視を強めることが必要である。本システムにおいて教員の目が大きな役割を果たしていることを痛感した。

本システムのインタフェース設計には改善の余地がある。画面はかざした時に、学籍番号と氏名が表示されるだけの必要最小限の内容であるが、十分な提示を行っており改善の必要はないと考える。しかし、学生への提示はそれのみであるため、確認音を発して出席が取れたことをより明確に伝えるようにしたい。そして、かざす場所が分かりにくいという問題がある。リーダーは真っ黒な単なる箱であるため、当初多くの学生はどこにかざせば良いのか戸惑った。数回すると慣れのため戸惑うことはなくなったが、かざすべき場所に視覚的なマークをつけることで、初回でも戸惑わないように工夫したい。

ICタグについては、ラミネート加工では耐久性が十分でないと感じた。耐久性のあるICタグ、あるいはFeliCaなどのICカードの導入を検討したい。

また、学生が授業後にWebサーバにアクセスすれば出席状況が確認できる機能、他方式の出席管理システム（例：Webを用いた出席登録）との統合を図り、どの方式を用いても同じように出席が取れる、柔軟性に富んだシステムを構築したい。

謝辞

本研究の一部は2004年度東京情報大学共同研究の助成を受けた成果である。

【注】

1. 上記ICタグ開発キットのリーダーの最大通信距離は1.5mである。通信距離がさらに長い、UHF帯ICタグを用いたが、日本での運用が

研究当初始まっておらず(2005年から運用開始)用いることができなかった。ただし、2.45GHz帯ICタグはサイズが小さい(13×52mm程度)という利点がある(UHFはクレジットカード程度)。

2. 神奈川工科大学の場合は、FeliCaの技術を用いICカードEdy(FeliCaの一種)と携帯電話のどちらかで出席が取れるものである。ここではICカードに限って取り上げている。

3. 明星大学のシステムはリーダーを設置していない教室向けにハンディリーダーを教員が持参する方式もサポートしている。しかし、本システムで用いたリーダーよりは大きく高価である。また、かざした瞬間に確認音がするだけで、その場で学籍番号と氏名を確認する手段はないものと思われる。

【参考文献】

- [1] RFIDテクノロジー編集部, 無線ICタグのすべて, 日経BP社, 2004
- [2] 松尾隆史, 非接触ICカード技術FeliCa, 情報処理 Vol. 48, No. 4, pp. 556-560, 2007
- [3] 電磁誘導式RFIDシステム 型720シリーズ ユーザーズマニュアル, オムロン, 2002
- [4] Fry, B. and Reas, C., Processing, <http://processing.org/>
- [5] サクサ株式会社, 明星大学への出席集計システム導入事例, 大学教育と情報 Vol. 13 No. 1, 2004
- [6] ASCII.jp, 神奈川工科大学, au携帯電話機による“モバイル学生証”を導入, <http://ascii.jp/elem/000/000/351/351101/>
- [7] 椎橋章夫, Suicaが世界を変える, 東京新聞出版局, 2008