

製作実習用 RFID 模擬装置の紹介

○青木猛^{A)}、住谷修^{A)}

^{A)}電気通信大学 技術部 システム開発系

概要

技術部では毎年一つのテーマを取り上げて集合研修を行っている。今年度は「電波・RFID の講義と製作実習」と題してその動作原理、実際の運用などについて講義と製作実習を通して理解を深めた。我々は、この研修に使用するための RFID 模擬装置を、簡単な回路とマイコンを用いて開発した。本報告では、この RFID 模擬装置について紹介する。

1 はじめに

RFID の概念やその利用はそれほど目新しいものではない、しかし、 μ -Chip に代表される非常に小型な RFID-IC の登場と、インターネットを中心とした IT 技術の普及により、これを利用した製品が身の回りに多く見られるようになった。本学においても図書館利用システム、学生証などの仕様を更新するにあたり RFID の導入が検討されたが、現在は見送られているようである。しかし他大学や研究施設などで導入されている事例が見られ、今後こうしたシステムが導入されるのは時間の問題と思われる。こうした流れを受け RFID の基礎とその周辺技術の習得を目標に、実習を含む研修を行った。この実習の内容として、市販品の操作や設置方法 RFID システム構築なども考えられたが、RFID そのものが完成された製品であるため、内容について深く取り上げることが難しいと考えた。そこで視点を変え、RFID の原理そのものを知る（あるいは体験）できる RFID 模擬装置を製作し実際に動作をさせることでその理解を深める方針とした。

2 RFID の動作原理と実習装置^{1), 2), 3)}

RFID (Radio Frequency IDentification) は電界や磁界を用いて非接触でデジタルデータを取り出す（または双方向通信）する技術で、従来は商品管理を中心として利用されていたが、現在では電子マネー（IC カード、携帯電話）などで使用されることが多くなっている。通常、リーダ/ライタとタグとの組み合わせで使用され、機能によりパッシブ形とアクティブ型に分けられる。IC カード、商品タグ（インレイ）のようなものはパッシブ型、物の移動、位置情報などを必要とする場合は、アクティブ型が使われるようである。通信媒体は電磁結合、電磁誘導、電波などに分けられ、使用される周波数は 135k, 13.56M, 950M, 2.4GHz と様々である。これらの設備は「高周波利用設備」として法の規制を受けるため、製作する装置についても法に触れないという点に配慮した。

2.1 動作原理

今回の研修では、通信周波数と製作のしやすさを考え、通信媒体として電磁誘導方式を採用した。動作原理は、一対の結合させたコイルにおいてデータ書き込み、読み出しを行う場合、リーダ/ライタ側コイルには常にキャリア信号を印加しておく。これはタグへの電力供給の目的がある。図 1 に簡単な原理図を示す。データの書き込み（送信）は、S1 のスイッチングによりリーダ/ライタコイルのインピーダンスを変化させる。これにより、タグ側のコイル B 点に誘起される電圧のレベルが変化しタグへのデータの送信が行われる。データの読

み出し（受信）はタグ側の S2 をスイッチングすることにより、A 点の電圧の変化することでデータの読み出しを行う。RFID という難しい装置のように思えるが、その原理はいたって原始的である。

2.2 キャリア周波数・通信方式

IC カードなどに使用されている電磁誘導方式では主に 13.56MHz が使用されている。誘導方式は、非接触といっても結

合部であるコイルをかなり近づけなければ読み取りが難しい。実習で使用する装置もこれに習い、コイル同士を密着させてデータの送受信を行う方式とした。キャリアとなる周波数であるが、市販されている製品とまったく同じ周波数にすることは前述した「高周波利用設備」によると 10kHz 以上の周波数が規制の対象となるため、実習装置ではキャリア周波数を 4kHz とした。また、通信方式を実際の RFID 装置と同様な通信方式にすることは難しいため、パルス長を可変させその長短によって書き込み、読み込みおよび、二桁の数値を表すことが可能なものを考え使用した。通信手順を図 2 に示す。

データの書き込みはリーダ/ライタから 500[ms] の OFF 信号を送る。タグは常時コイルに誘起される電圧を監視しており、この電圧があるレベル以下になるとタイマー動作で、150[ms] 後の A/D の電圧を読み取る、レベル以下であれば書き込み動作と判断し、400ms 後の A/D 値を得る、この値の “H” か “L” により “0” か “1” を得る。後は 100[ms] ごとにデータを読み取る。データの読み出しはリーダ/ライタから 100[ms] の OFF 信号を送る。タグは 150[ms] 後の A/D の電圧を読み取り、レベル以上であれば、読み出しと動作と判断し、350[ms] 後からデータの送信を行う。リーダ/ライタ側は、100[ms] の OFF 信号を送信後、機械的に 550[ms] ごとに A/D 値を読み込みデータを得る。

2.3 電源

パッシブ型に使用されるの RFID タグはリーダ/ライタから磁気や電波の形でエネルギーを受け、これを動力として動作する。実習装置においてもこうした機構の採用を検討したが、強い磁場を発生した場合、前述し

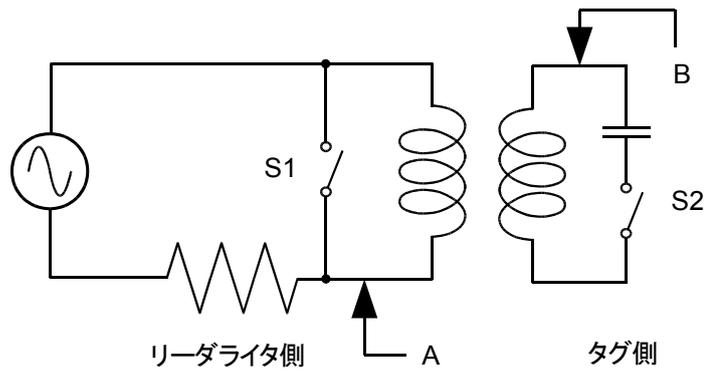


図 1. 電磁誘導方式の動作原理

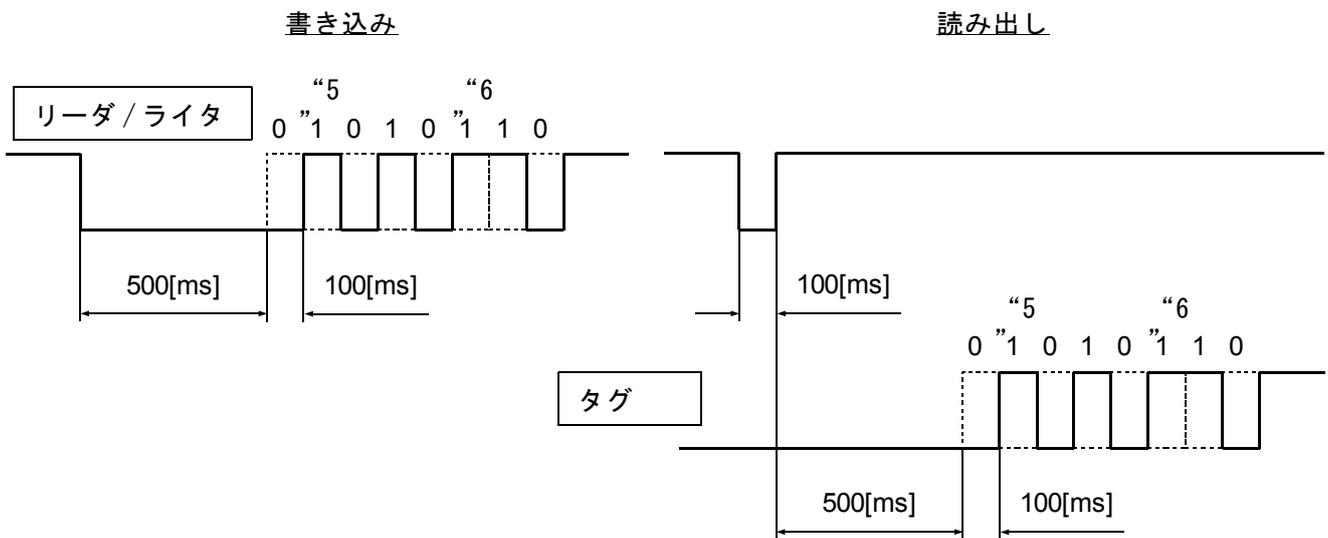


図 2. データ通信手順

た「高周波利用設備」以外の電波法や EMI 放射を規制している VCCI（情報処理装置等電波障害自主規制協議会）などの規制を受けることが考えられる。したがって、無許可で強い電界、磁界を発生することは難しいと考え、今回は電力の伝達を見送った。

3 RFID 模擬装置

RFID 模擬装置の概観を図 3 に示す。製作した実習装置は大きく分けて、リーダ/ライタとタグ回路に分けられる。リーダ/ライタ回路は、送受信のためのコイル部、キャリア発生回路、変調スイッチング回路、受信した磁界の変化を取り出す復調回路、復調された信号を処理するマイコン部に分けられる。タグ回路は送受信コイル復調回路、レベルシフト回路、マイコン部からなる。実習で要求される機能として、リーダ/ライタは計算機から受け取ったシリアルデータをタグへ送信し書き込みおよびタグに書き込まれたデータを読み出す機能。タグはリーダ/ライタからの書き込み信号を受けデータの読み取りと保持、読み出し信号を受けデータを送信する機能を持つ。以下それぞれについて記述する。

3.1 コイル部

コイルはリーダ/ライタ、タグとも同じコイルを持つ。発振周波数 4kHz として、共振させるためのコンデンサを 2.2 μ F とした場合、コイルのインダクタンスは約 700 μ H となる。次にコイルを用意しなければならないが、制作費の制限からなるべく身近にあるもので製作することになった。検討を重ねた結果、厚紙とクリアファイルを重ねてステープラで綴じたものの中に ϕ 0.3 のエナメル線を 40 回巻いたものを採用した。厚紙とクリアファイルは A5 サイズに切断し、淵から約 15mm の四隅をステープラで綴じ、この隙間にコイルを巻いてゆく。文字で書けば簡単であるが、この作業はなかなか根気と集中力が要求され、さらに、二組となると途中で飽きが来るようであった。参考までに参加者が製作したコイルは 680 μ H ~ 1000 μ H とかなりばらつきが大きかった。

3.2 リーダ/ライタ回路

回路図を図 4 に示す。回路としてはそれほど難しいものはない。まず、タグへのデータ送信を説明する。ウィーンブリッジにより 4kHz を発振させる。このキャリア信号は、コイルと直列に接続された FET をスイッチン

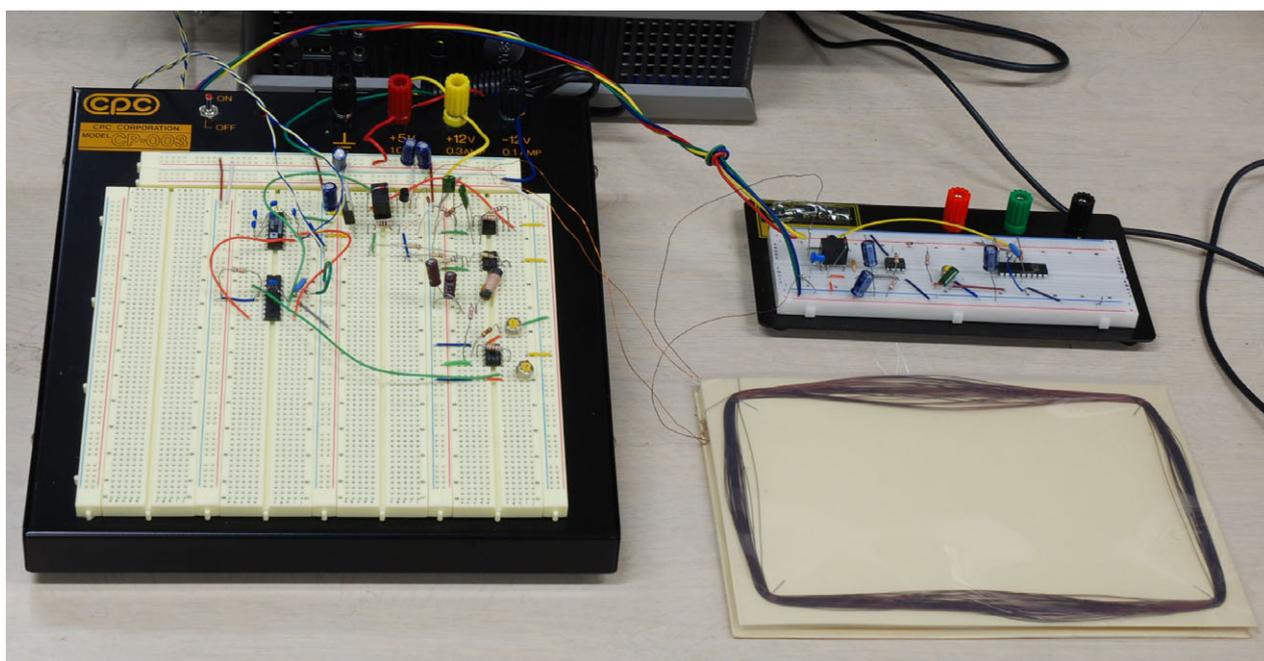


図 3. RFID 模擬装置

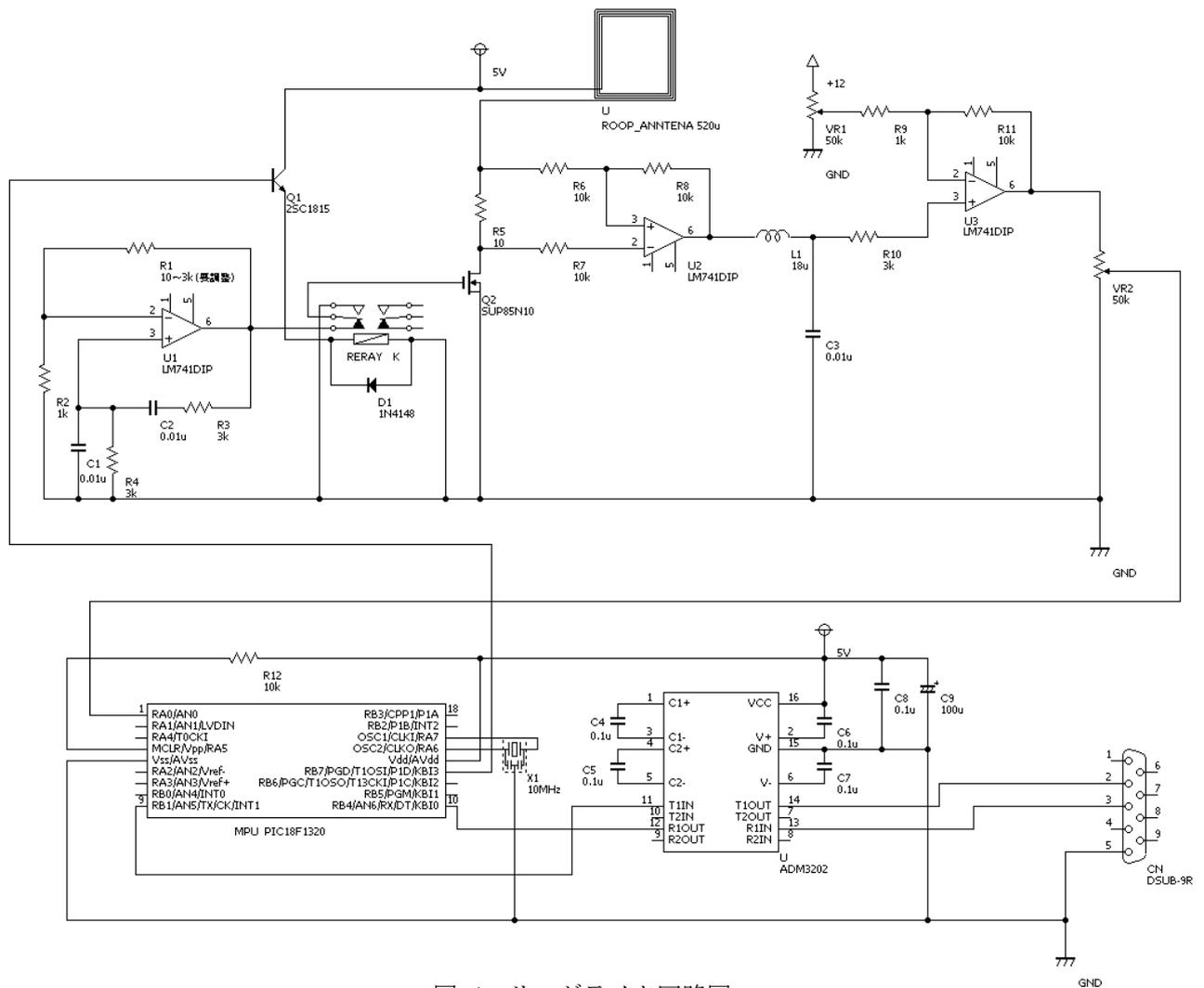


図 4. リーダライタ回路図

グすることでコイルに4kHzの交流電流を流す。キャリア信号はリレーを経由しFETのゲートと接続される。このリレーはPICマイコンから制御され、コイルへのキャリア信号のON/OFFを行う。この結果、コイルから4kHzをキャリアとしたAM変調波（または、OOK : On-Off keying）が放射され、結合したもう一方のタグ側コイルへと伝わる。

タグからのデータ受信は、コイルと直列に接続された抵抗の両端の電圧を取り出し2倍程度に増幅後、LC平滑、DCシフト、振幅レベル調整回路を通過した後PICマイコンのA/Dポートに接続される。電圧のスレッシュホールドレベルは600mvに設定した。

この回路の工夫した点として、市販のRFIDのように読み取り、書き込み時にキャリアが常時発振している方式をとらず、キャリアのON/OFFでタグへのデータ送受信を行う方式にした。これはタグに電力を送らないことにより採用できた方法であり、通常のRFIDと大きく異なる点である。受信回路で工夫した点は、DCシフト、振幅レベル調整を加えた点である。参加者すべてが均一なコイルを巻くとは考えられないため、この回路を加えることになった。

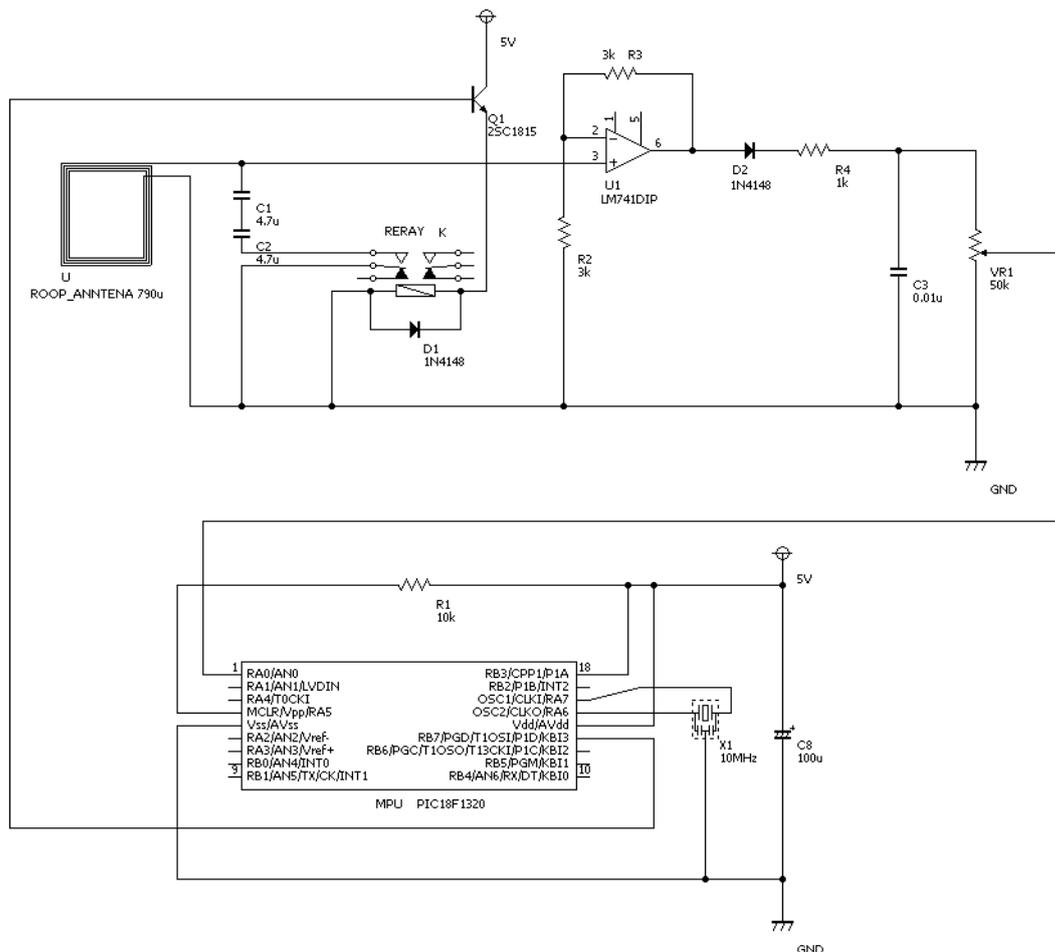


図 5. タグ回路図

3.3 タグ回路

回路図を図5に示す。リーダ/ライタより簡単な回路である。まずデータの受信動作から説明すると、コイル部分はコンデンサにより共振周波数が約4kHzにチューニングされている。このコイルから受けとった変調波はバッファアンプを通り、ショットキバリアダイオード、RC平滑回路で整流され、レベル調整を通りPICマイコンのA/Dポートに入力される。スレッシュホールド電圧は1.2Vに設定した。

次に、タグからのデータ送信動作を見ると、コンデンサと直列に接続されたりレーをPICマイコンでON-OFFすることで、コイル部のインピーダンスを変化させる。この変化は、結合した他方のリーダ/ライタのコイルにも影響を及ぼし、リーダ/ライタ側のコイルに流れる電流に変化が起こる。これを抵抗によって電圧に変換し、この変化をPICマイコンのA/Dで読み取りタグに書き込まれたデータを得る。

3.4 RFID 模擬装置の製作

研修では両回路ともブレッドボードを使用した。これは、参加者全員がハンダ作業に慣れていないことが予想されたからである。また、回路に不慣れな参加者も予想されたので、Step by stepの電子資料を用意し、製作作業中に参照できるように工夫した。実習に当たった時間は約7時間であった。少し長く感じられるかもしれないが、コイルを巻く時間や、トラブルが起こった場合を考えると適当であったと思う。

これ以外の実習教材としてLabviewによりRFID模擬装置へシリアルデータを送信する作業と、シリアルから受け取ったデータをネットワーク上に用意したサーバへ送信できるものを作成した。サーバプログラムはActivePerlで作成され、受け取った二桁の数値に対応するデータを返す。Labviewはこれを受け取り表示できる

ような機能を持ち、簡易的な RFID サーバ、クライアントシステムが体験できるものを構築した。実際の RFID の運用もこのような仕組みで運用されており、実習教材もこのイメージに近づけるように構成とした。

4 終わりに

研修では参加者全員がこの回路を動作させることに成功した。試作段階ではコイルの結合状態（密着具合）によって、タグからリーダー/ライターへの信号レベルが変動してしまい、調整がうまく行かないことが多く、100%の動作を望むことは難しく感じられた。前述したように、研修の参加者には電子回路に携わらない者も参加するため、不安材料はさらに多かった。しかし、今回は運よく受講生の努力の甲斐あってか、全員が動作にいたり、RFID の原理を体験することができた。今回の教材はアナログ、マイコン回路にはじまり、Labview プログラミング、ネットワーク通信などの要素が含まれており、なかなか興味深いものに仕上がったと感じている何より、参加者全員が動作に至ったという事で、実習教材を計画・開発した我々も、胸をなでおろした次第であった。反省点として、初心者のためにブレットボードを使うことにしたが、調達したブレットボードが接触不良になる物もあり、かえってトラブルを誘発してしまったケースがあった。しかしこのようなトラブルシューティングを行うのも貴重な体験であったのではないだろうか。

参考文献

- [1] 荻部 浩、非接触 IC カード設計入門、日刊工業新聞社、2005
- [2] Interface “RFID—無線 IC タグのデバイスからシステムまで”、CQ 出版社、2004.12
- [3] 木村 勉、電磁波による非接触識別システム、電気通信大学 電子情報学科 平成 12 年度卒業論文