

卓上型RFID リーダの基本特性の評価

藤崎, 清孝
九州大学大学院システム情報科学研究所

新美, 孟
九州大学大学院システム情報科学府 : 修士課程

<https://doi.org/10.15017/27251>

出版情報 : 九州大学附属図書館研究開発室年報. 2012/2013, pp. 11-17, 2013-09. 九州大学附属図書館
バージョン :
権利関係 :

卓上型 RFID リーダの基本特性の評価

藤崎 清孝[†] 新美 孟[‡]

<抄録>

RFID システムは、図書の自動貸出・自動返却等の図書館業務の効率化を図る上で核となる技術である。本報告では、卓上型の RFID リーダの基本性能を調査すべく、標準的な構造をもつ卓上リーダの性能を評価した。また、卓上リーダを設置する台が金属の場合に、これが卓上リーダのタグの読み取り性能に与える影響を評価した。

<キーワード> RFID, 非接触 IC タグ, 自動貸出・自動返却, 図書館システム

Evaluation of the basic characteristic of a table type RFID reader

FUJISAKI Kiyotaka NIIMI Takeru

1. はじめに

テレビ, ラジオに始まった無線技術の急速な進歩は, 我々の生活を劇的に変えた。携帯電話, 無線 LAN など通信技術の無線化は, 様々な場所で活動する我々が, 距離や場所に関係なく遙か遠方にいる友人といつでもコミュニケーションすることを可能とし, 世界中に散らばっている情報に容易にアクセスすることを実現した。最近では遠距離における利用だけでなく, 近接した状況においても, 様々な人や物から非接触で即座に情報を読みだそうとする, 近距離無線通信技術に注目が集まっている。

この技術の代表的なものの 1 つに RFID (Radio Frequency Identification) 技術[1]がある。この技術は, 電磁気作用を利用することで, 非接触で RFID タグ内の情報を読み出したり, タグに情報を記憶したりすることを可能とし, タグを貼付したものの管理・運用を効果的に行うことを実現する。この技術を図書館業務の電子化, 自動化に適用することで, 業務の効率化を図ることが可能となる。具体的には, RFID タグを蔵書に貼り付けることにより, 非接触で蔵書の情報を読み書きでき, この RFID タグ 1 つで, タトルテープによる盗難防止機能とバーコードによる蔵書情報の管理といった 2 つの機能を実現することも可能となる。この結果, (1) 図書貸出/返却窓口の作業の効率化, (2) 図書検索時間の短縮, (3) 無人ゲートによる入退館管理, (4) 蔵書管理の効率化などが期待できる。さらには, センサネットワークやスマートフォンなどの技術と組み合わせることで, 館内での図書の利用状況を調査したり, 利用者にとってより利便性の高い図書館サービスを提供したりすることも期待できる。

九州大学附属図書館では, 平成 12 年度にはこの RFID の技術に着目し, RFID システムを用いた図書館運用に関する研究・調査を開始し, 取り組んできた。また平成 14 年度には, システムの実用性を大学図書館の実運用の中で評価し, より最適な図書館システムへと改良すべく, 株式会社チェックポイントジャパンおよび三菱マテリアル株式会社との共同研究として, 筑紫分館に 13.56MHz 帯の RFID システムを実験的に導入した[2]。これまでの実験運用により, タグを貼付する図書がタグに与える影響によって読み取り性能にばらつきを生じさせ, 特に薄い図書が複数重なっている場合に読み取り性能が大きく低下しやすいなどの問題を明らかにしてきた。また, 13.56MHz 帯 RFID タグシステムを用いて, RFID タグが図書や近接するタグによってどのように影響をうけるかを実験により調査し, 周りの環境がタグの交信性能に大きく影響することを明らかにし, 図書館用 RFID システムの設計においては, この変動の大きさを考慮しておく必要があることを示した[3]。さらに, RFID を用いたシステムを構成する機器の基本性能を評価すると共に高性能化を目指した研究も進めている。

図書に貼付するタグは, サイズや厚さ, コストなど運用上の制約が大きく, タグの改良により性能向上を図ることは容易ではない。一方, RFID リーダについては, サイズや構造の変更は比較的容易であり, 自由度も大きい。そこで RFID リーダを改良することにより RFID システムの読み取り性能の向上を図ることを検討する。本報告では, その初段階として, 既存の卓上型の RFID リーダ (以下卓上リーダ) を用いて, 卓上リーダから放射される電磁界の広がりとその強度を調査 [4]し, タグの読み取り性能を評価する。また,

[†] ふじさき きよたか 九州大学大学院システム情報科学研究所 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地) E-mail: fujisaki@ait.kyushu-u.ac.jp

[‡] にいみ たける 九州大学大学院システム情報科学府修士課程 2013 年 3 月修了

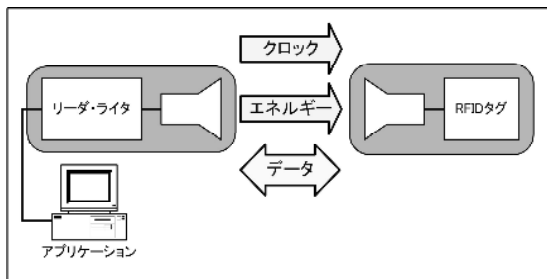


図1 RFIDシステムの基本概念

周りの環境が卓上リーダの性能に与える影響を評価すべく、ここでは卓上リーダを設置する台が金属板である場合の性能を評価する。そうして、卓上リーダから放射される電磁界は卓上リーダ中心部の読み取り性能を最大限にすべく、設計されていること、金属板上に近接して卓上リーダを設置した場合、その性能が大幅に低下するが、金属板と卓上リーダの間に若干の空間を設けることで、性能はほぼ改善されることを示す。

2. RFID とは

RFID とは、自動認識技術の1つで、無線技術により非接触でデータを送受できる半導体チップをつかった個体識別技術である。自動認識技術とは、「人間を介さず、ハード、ソフトを含む機器により自動的にバーコード、磁気カード、RFIDなどのデータを取込み、内容を認識する(社団法人 日本自動認識システム協会) [5]」技術であり、この技術には、RFID以外にもバーコード、バイオメトリクス、磁気ストライプ、OCR、マシンビジョンなどがある。

RFID システムは、図1に示すように情報を読み書きするためのリーダ・ライターとこれを記録するタグにより構成される。通常、タグは電源を持っておらず、データの交換だけでなく、タグを駆動するための電力およびクロックの供給もリーダ・ライターから磁界または電磁波を用いて非接触で実現される。

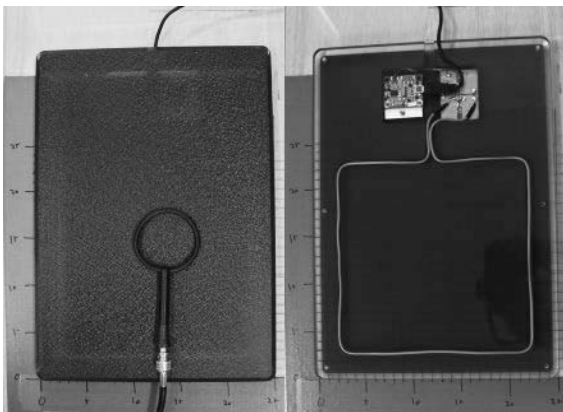


図2 卓上型リーダ

3. 実験方法

今回、市販の13.56MHz帯を使用した卓上リーダとして図2に示すSOFEL社製ST-RW01(筐体サイズ25cm×35cm)を用いて、卓上リーダ上の電磁界分布及びタグの読み取り性能を評価した。磁界測定用のアンテナにはELECTRO-METRICS社製EM-6993の直径が6cmのループアンテナを用い、スペクトルアナライザにはHEWLETT PACKARD社製HP8560Eを用いた。図2に示すとおり、卓上リーダ内には大凡20cm×20cmの矩形方のループが形成されていることが分かる。このループがアンテナであり、近傍におかれたタグと通信を行う役目を持つ。本実験では、このアンテナ部より放射される電磁界を観測し、電磁界の分布やその電力の大きさ等、タグとの通信性能に影響する点を調査する。

4. 測定法

測定は、以下の基準を定め、行った。図3(a)に示すように、卓上リーダの左下隅を原点0、横方向をx軸、縦方向をy軸とし、図3(a)に示す測定用アンテナ下端

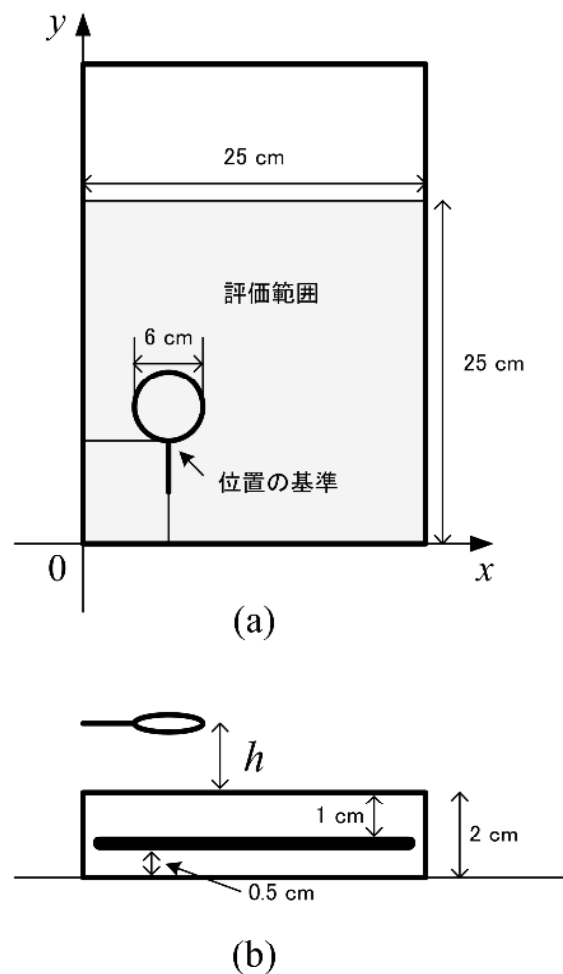


図3 測定状況

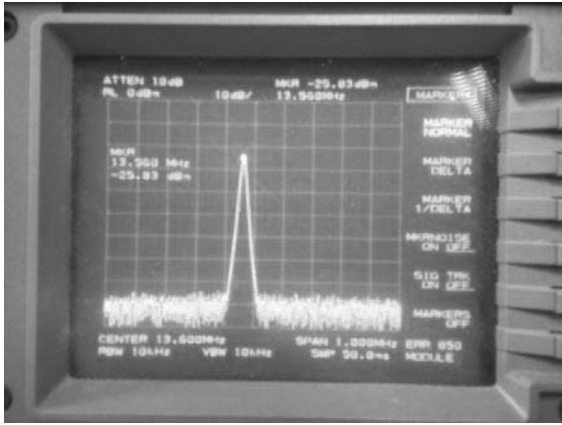


図4 スペアナの画面

を測定時の評価位置の基準とし、1cm刻みで各点の電力を測定した。卓上リーダと測定用アンテナの距離については、図3(b)に示すとおり、卓上リーダの筐体上面から測定用アンテナまでの高さ h を卓上リーダとアンテナ間の距離として定めた。なお、卓上リーダの筐体の厚さは2cmであり、その内部は底面から0.5cmの高さの位置に卓上リーダ用アンテナがあり、そのアンテナから筐体の上面までには約1cmの空間をもつ。

図4は、卓上リーダから放射される電磁界の電力を、スペクトラムアナライザを用いて測定したときの状況を示している。画面の横方向が周波数を、縦方向が測定用アンテナでとらえられた電力を示している。この写真より、丁度13.56MHzの周波数のところを中心に強く電磁界が放射されている状況が分かる。本評価では、この13.56MHzの周波数の電磁界の強さを各評価点において測定している。

5. 卓上リーダ上の電力分布と読み取り可能範囲の評価

5.1. 卓上リーダ上の電力分布の評価

前節で説明した方法を用いて、卓上リーダ上の電磁界の電力を測定した。まず測定用アンテナの高さを変更し、各高さにおける電磁界の電力の分布を測定した結果を図5~7に示す。縦軸は1mWの電力を基準として何倍の大きさであるかをdB(デシベル)(基準の a 倍になるとき、dB値は $10 \log a$ で得られる)を単位として表現したもので、dBmと表記される。これらの結果より、卓上リーダと測定用アンテナの距離が最も近い図5においては、卓上リーダのアンテナ線より少し内側で電磁界が最も強くなっているが、図6,7に示す様に卓上リーダのアンテナから測定アンテナが離れるにつれて、中心部の電磁界が周辺よりも大きくなっていることが分かる。勿論、観測される電力は、卓上リーダから距離が離れるに従って、低下している。なお、

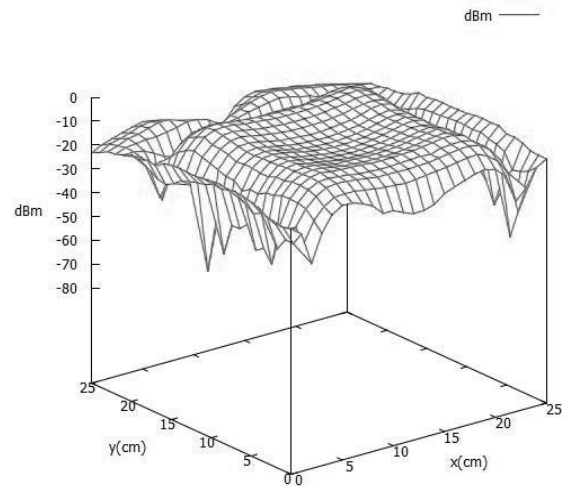


図5 卓上リーダ上の放射電力の分布

— $h = 0 \text{ cm}$ —

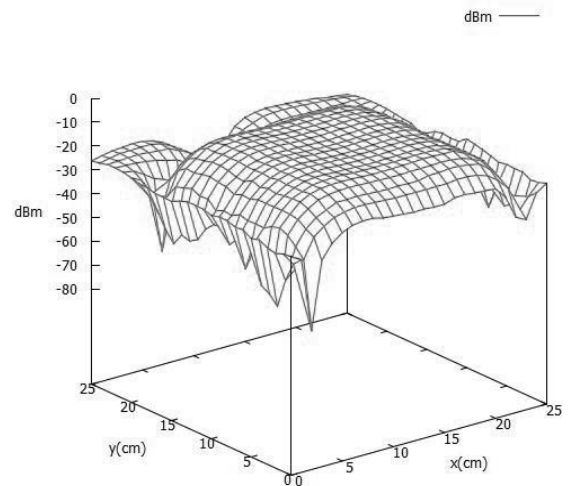


図6 卓上リーダ上の放射電力の分布

— $h = 2 \text{ cm}$ —

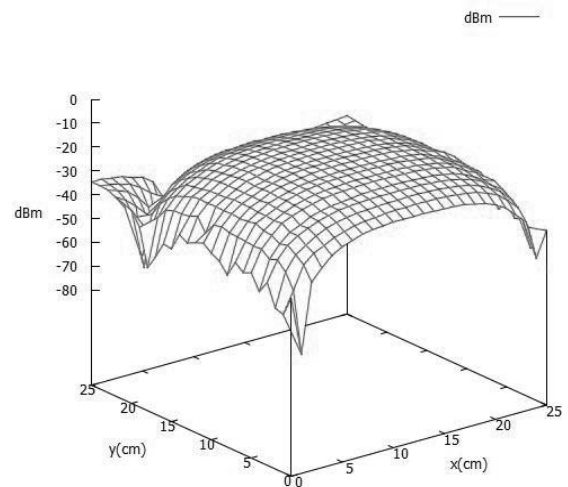


図7 卓上リーダ上の放射電力の分布

— $h = 6 \text{ cm}$ —

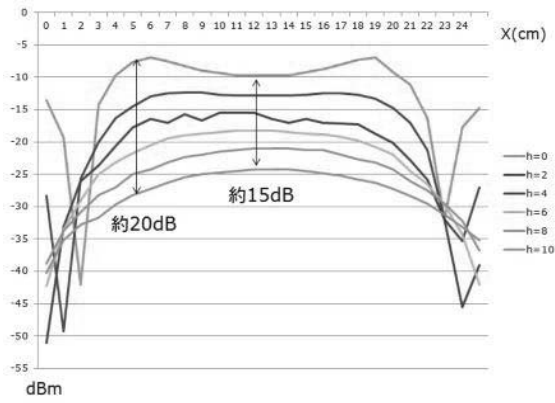


図8 $y = 5 \text{ cm}$ の点で見た放射電力の分布

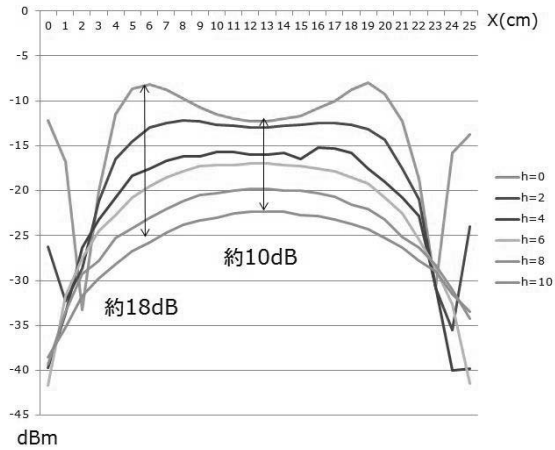


図9 $y = 10 \text{ cm}$ の点で見た放射電力の分布

卓上リーダー上のアンテナ線のある部分で信号が大きく減衰しているのは、測定用アンテナを通過する電磁界の向きがアンテナ線を中心として対称となり、互いに打ち消し合うためである。

この電磁界の強さの変化を確認するため、 $y = 5, 10 \text{ cm}$ の各点で x 軸方向の電磁界の分布を観測した結果を図8,9に示す。これらの結果より、卓上リーダーか

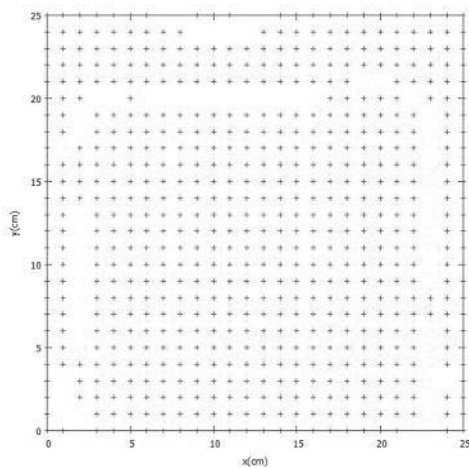


図10 卓上リーダー上の読み取り可能地点の分布
— $h = 0 \text{ cm}$ —

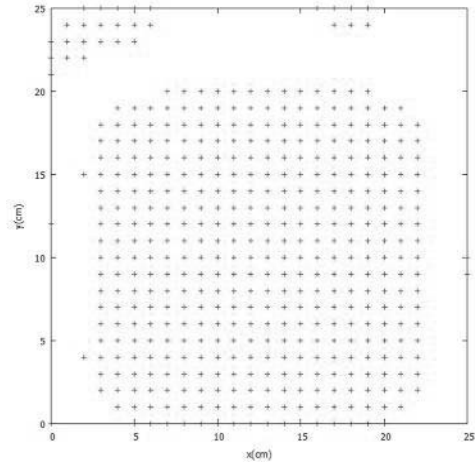


図11 卓上リーダー上の読み取り可能地点の分布
— $h = 2 \text{ cm}$ —

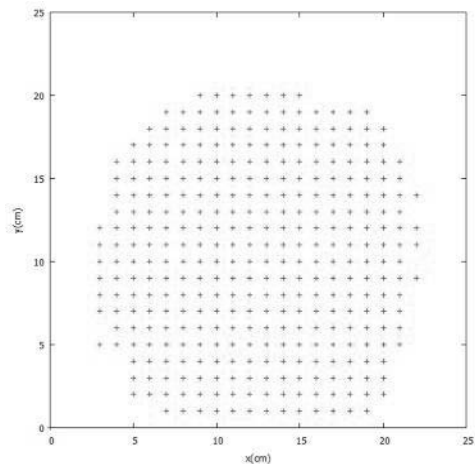


図12 卓上リーダー上の読み取り可能地点の分布
— $h = 6 \text{ cm}$ —

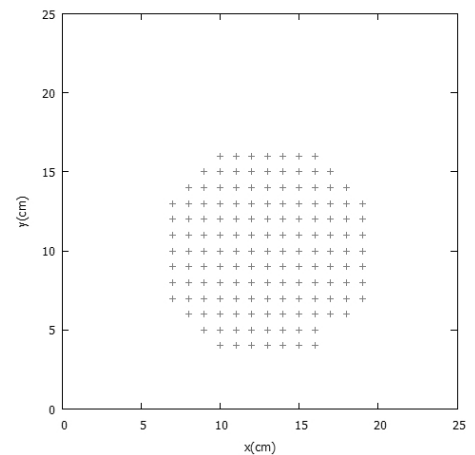


図13 卓上リーダー上の読み取り可能地点の分布
— $h = 10 \text{ cm}$ —

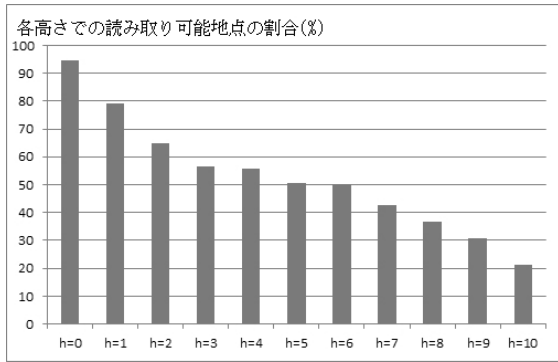


図 14 卓上リーダ上の読み取り可能地点の割合

ら測定用アンテナが離れるにつれて、電磁界の強さが低下するが、その大きさは10cm離れると中心部で1/10から1/30に、周辺部では1/100の大きさに減少することが分かる。

5.2. 卓上リーダ上の読み取り可能範囲の評価

次に、測定された電力を元に卓上リーダ上のタグの読み取り可能範囲を評価した。本実験で用いたタグは、タグでの受信電力が-25dBmより小さくなると読み落としが発生しやすくなることを確認している。この結果を用いて、各測定点で受信される電力が-25dBmの基準を上回るか否かで卓上リーダ上の読み取り可能エリアを評価した。なお、本実験環境において、受信電力に基づいた読み取り性能の評価が、実際にタグを用いた場合の評価と同等の結果を示すことは予備実験にて確認済みである。この評価結果を図10～13に示す。

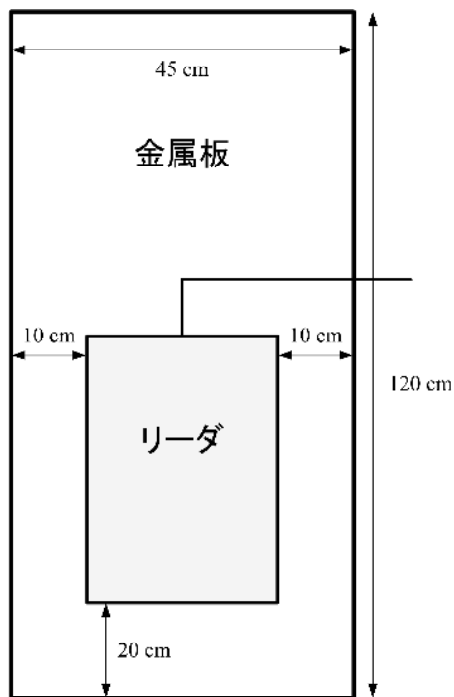


図 15 金属板と卓上リーダの位置

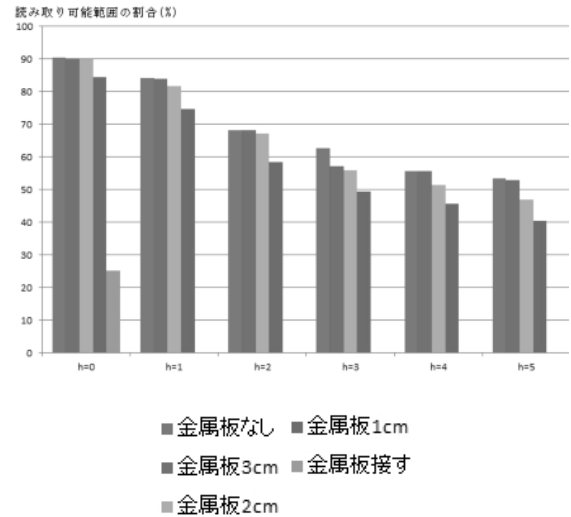


図 16 卓上リーダ上の読み取り可能地点の割合

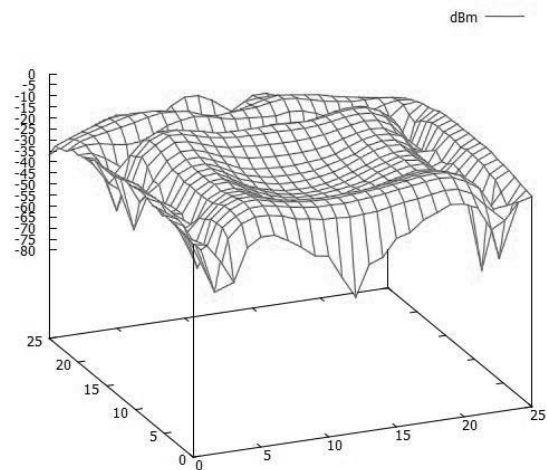


図 17 金属板と卓上リーダが接しているときの放射電力の分布

図の“+”のマークは、タグの読み込みが可能であった点を示している。

これらの結果より、卓上リーダとタグの距離が離れるに従い、読み取り可能範囲が中心部分に狭まってしまふことが分かる。また、 $h = 0\text{cm}$ のときでもアンテナ線をまたぐようにタグを置いた場合、アンテナ直前であるにも関わらず電磁界の打ち消し合いが発生し、タグに十分な電力が供給されず、読み込みが出来ないことが分かる。図14は、卓上リーダ上の各高さにおいて読み取りが可能な地点の割合を調査した結果を示す。この図から分かるとおり、評価に用いた卓上リーダは、評価エリア内において直前で約95%、タグとの距離が5cm程度離れたときに約50%、10cmで約20%の読み取り性能をもつことがわかる。

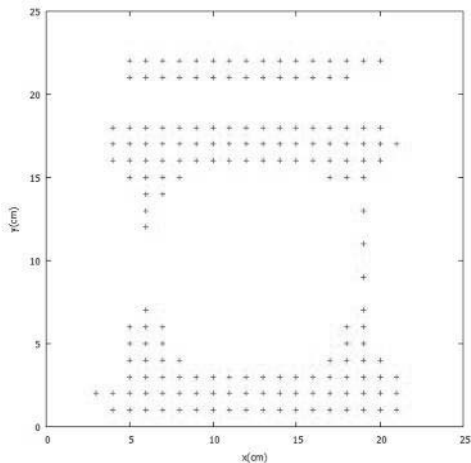


図 18 金属板と卓上リーダが接している時の
卓上リーダの読み取り可能地点
— $h = 0 \text{ cm}$ —

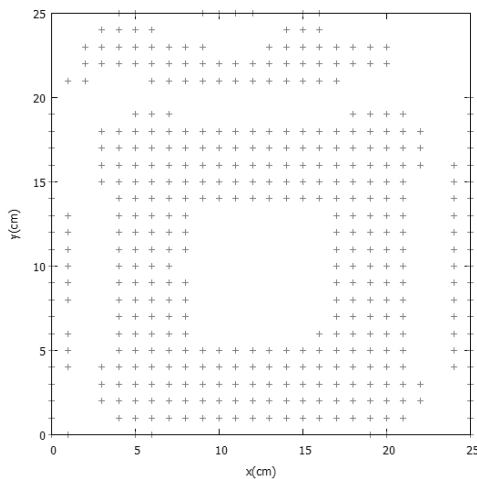


図 19 金属板と卓上リーダが接している時の
卓上リーダの読み取り可能地点
(電力分布を基準としたときの評価)
— $h = 0 \text{ cm}$ —

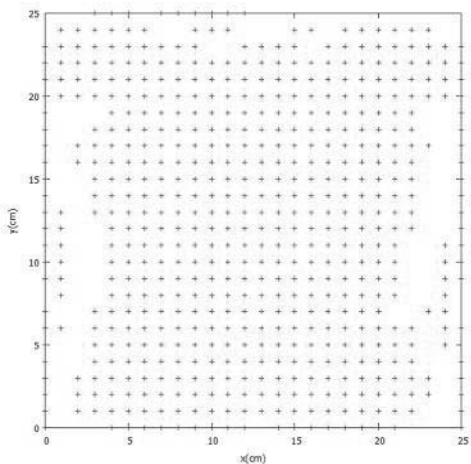


図 20 金属板と卓上リーダ間に 1cm の隙間を
空けたときの卓上リーダの読み取り可能地点
— $h = 0 \text{ cm}$ —

6. 金属板が卓上リーダの読み取り性能に与える影響の評価

最後に、卓上リーダが金属板上に配置されている場合に、金属板が卓上リーダの読み取り性能に与える影響を評価した。実験では、図 15 に示すように大きさが $120\text{cm} \times 45\text{cm}$ の鉄製の板を用意し、この上に卓上リーダを置いてその特性を評価した。

図 16 は、金属板と卓上リーダ間の隙間を変えたときのタグの読み取り性能を、実際にタグを用いて評価したものである。金属板と卓上リーダが接している場合には、卓上リーダ上にタグを置いた状況 ($h=0$) でも読み取り可能な地点は 20%程度しか無く、タグと卓上リーダを 1cm 以上離すと読み取り地点は 0 となった。このときの卓上リーダから放射されている電力の分布を図 17 に示す。図 5 と同様の形状はしているが、図 5 と比べて、測定用アンテナでとらえられる電力は大きく減衰していることがわかる。図 18 は、このときのタグの読み取り性能を実際に評価した結果である。この結果より金属板に卓上リーダを直接置いたとき、20%程度の点でしかタグとは通信できないことが分かる。

一方、図 19 はスペクトラムアナライザで観測された電力からタグの読み取り性能を予測したものである。この場合、60%程度の点でタグと通信できるとの結果となり、図 18 に示した実際の結果とは大きく食い違う。これは、金属板が電磁界成分を反射してしまう性質があるため、直接の電磁界と反射して届く電磁界の 2 つがタグのある空間に存在し、これらが合成されることで、測定用アンテナでとらえられる電力が大きくなったり、小さくなったりする。この結果、2 つの電磁界が強め合ったとき、見た目の電力は通信に必要な電力をもつが、反射して届く電磁界は時間遅れで直接の電磁界に混ざりタグに届くため、情報をやりとりする波の形が大きく崩れ、タグが卓上リーダから届く情報を認識できない状況になっていることを意味する。これらの結果より金属など電磁界を乱すものがある環境下においては単純に受信電力だけでタグの読み取り性能を評価することはできないことが分かる。一方、金属板と卓上リーダ間に 1cm 以上の隙間をもたせるようにして卓上リーダを設置すると、読み取り性能は大きく改善し、3cm 以上の空間を確保した場合には、金属板がない場合とほぼ同じ結果が得られることが示された。図 20 は、金属板と卓上リーダの間に 1cm の空間を空けたときの $h = 0\text{cm}$ の点での卓上リーダ上のタグの読み取り状況を示したもので、この状況でも読み取り性能が大きく改善されていることが分かる。図 21 は、金属板と卓上リーダの間に 3cm の空間を確保した状況で、タグの高さを変えたときの読み取り可能地点の割合を

実測した結果と観測された電力から推定した結果を比較したものである。3cmの空間を確保した場合、反射した電磁界成分の影響はほとんどなく、電磁界分布から読み取り率を問題なく予測できることがわかる。

7. まとめ

本報告では、卓上リーダーから放射される電磁界の広がりや強度、及び周りの環境が卓上リーダーの性能に与える影響を評価した。その結果、卓上リーダーから放射される電磁界は卓上リーダー中心部の読み取り性能を最大限にすべく、設計されていることが明らかになった。また、金属板上に卓上リーダーを設置した場合、金属板と卓上リーダーの距離が近いと性能が大幅に低下するが、ある程度の空間を持たせることで卓上リーダーの下にある金属板の影響を小さく出来ることを示した。今後は、卓上リーダーを設置する場所の側板が金属板である場合の影響について調査する。また卓上リーダーのアンテナの構造を工夫することで、読み取り性能を向上させる方法についても検討していく。

参考文献

- [1] Klaus Finkenzeller, RFIDハンドブック 非接触ICカードの原理と応用, 日刊工業新聞社, 2001.
- [2] 藤崎 清孝, “図書館における RFID 技術の適応と電磁環境”, 月刊 EMC, No.183, pp.86-94, July 2003.
- [3] 藤崎 清孝, “図書館用 RFID システムの開発 I: 13.56MHz RFID タグの共振周波数の評価”, 九州大学附属図書館研究開発室年報 2005/2006, pp.1-6, June 2006.
- [4] 新美 孟, 藤崎 清孝, “図書管理用卓上型 RFID リーダーの高性能化に関する研究 1 -卓上型リーダーの基本性能の評価-”, 2012 年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会, 長崎大学, Sept. 2012.
- [5] 社団法人日本自動認識システム協会:
<http://www.aimjapan.or.jp/>

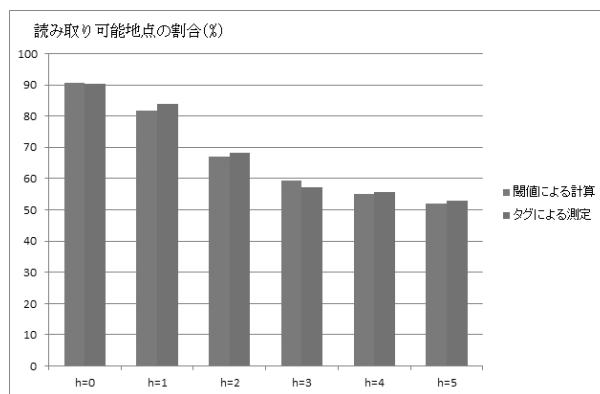


図 21 卓上リーダー上の読み取り可能地点の割合
—卓上リーダーと金属板を 3cm 離れた場合—