

## ICタグによる図書館内利用者行動情報収集に関する基礎実験

### —RFIDを用いた図書館利用者動線情報の取得を目指して—

Basic experiment on collecting library user behavior information with the application of IC tags:  
An attempt to identify library user movements information using RFID

深水 浩司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大妻女子大学教職総合支援センター

Koji Fukami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teaching Profession Support Center, Otsuma Women's University

2-7-1 Karakida Tama-shi, Tokyo, 206-8540 Japan

キーワード：ICタグ，RFID，図書館，利用者行動

Key words：IC tag, RFID (Radio Frequency Identification), Library, User behavior

#### 抄録

図書館における利用者行動の調査や、その調査をもとにした利用者行動を分析する研究は少ない。それは、利用者の行動情報を、観察法という手法を用いて取得する困難さがあるからである。本実験の目的は、図書館を移動する利用者が持つカード（ICタグ付き）情報を、無線技術を用いて取得できる可能性があるかを確認することである。使用する機器については、図書館ですでに用いられているRFID機器を用いた。既存の機器が転用できれば利用可能性が高まると判断したからである。今回は、基礎的な実験のため、1)カード情報を受けるアンテナの特性を分析し（受信可能な範囲を特定すること）、2)アンテナ特性と共に、アンテナとカードの間で、情報取得が可能な条件（電波の水分による影響を受けない条件）を確定すること、3)利用者が書架間に入る情報を取得するために必要なアンテナ位置等の条件を確認することの3点をまとめた。その結果、1)図書館で利用しているアンテナ（貸出し返却時に机上で使用する平面アンテナの場合）には指向性が高く、狭い範囲でのみカード情報を取得できることが判明した。また、2)今回利用したRFID機器は水分の影響を強く受けるUHF波を使用しており、人体からカードをある程度離すための解決策を講じる必要を確認し、解決策の一つを提示できた。3)の利用者が書架間に入る情報の取得は、アンテナの角度や高さを調整することで検知可能であることが判明した。ただし、比較的狭い範囲での検知なので、複数のアンテナで補完する必要性も感じた。図書館で利用されている機器を使うという条件下ではあったが、移動する利用者の情報を検知することは十分に可能で、アンテナ特性を変更する（アンテナ機種自体の変更も含め）ことで、より精緻な移動情報が取得可能であることも確認できた。

#### 1. はじめに

RFID (Radio Frequency Identification) は、無線通信を用いて、ICタグ内の情報を受信する仕組みで、比較的短い距離での情報取得技術として多方面で利用されている。基本的な仕組みは、電磁波（13.56MHz）や電波（900MHz帯）をICタグに向けて発信し、電磁波や電波から動作電力を受け、ICタグ自身の情報を返信するものである。よって、非接触による情報伝達が可能となっている。

RFIDリーダーから、アンテナを通じて電磁波や電波を送信するため、電磁波や電波の特性、リーダーの出力やアンテナの特性などが、情報交換の質を決定することになる。

13.56MHzを用いるものは、一般的にHF帯RFIDと呼ばれ、交信距離はショートレンジタイプで数cm、ロングレンジタイプでも50cm程度である。900MHz帯を利用するものは、UHF帯RFIDと呼ばれ、交信距離は100cmを超えることも可能であ

る。図書館で利用が進んでいる RFID システムには、これら HF 帯と UHF 帯のものが混在しており、主に貸出や返却のみの利用では、HF 帯で十分とされているが、コレクションの点検等で、離れた距離からの情報入手には UHF 帯が有利とされている。多くの図書館では、所蔵している資料に IC タグを貼りつけ、その情報を読み取ることで、貸出しや返却、不正退出検出、蔵書点検などの業務を行っている。今回の実験では、移動する利用者が所持する IC タグ付きカードの情報を、図書館に配置された RFID リーダーとアンテナによって取得可能かどうかを確認する基礎的な実験である。よって、図書館で実際に利用されている交信距離が長い UHF 帯のハードウェアを選定し使用した。リーダーは出力によっては総務省への届け出が必要であるが、250mW 以下であれば無申請での利用が可能となるため、無申請範囲で最大の出力を持ち、かつ、出力調整が可能な機種を選定した。また、アンテナは、机上で資料添付 IC タグ情報を入手できるタイプで、できるだけ受信距離が長い機種を求めた。IC タグ内蔵カードは、通常用いられている ID カードとほぼ同じサイズ(クレジットカードサイズ)を数点入手し、選択したリーダー・アンテナに相性が良いものをテストし選定した。上記条件を満たした機材は、以下のとおりである。

リーダー・ライターは、UTR-SN01-3CH (タカヤ株式会社製)、アンテナは、UTR-SA3326 (タカヤ株式会社製)、カードは、ALN-9662 (エイリアンテクノロジー社製)を内蔵したカードを用いた(株式会社 RFID アライアンス提供)。

また、リーダーで得られたカードの情報を確認するために、UTP ケーブル(カテゴリー5e の LAN ケーブル)を使用してワークステーションと接続した。将来的には、ネットワークを通じて各リーダーからの情報を集約することも目指しているため、TCP/IP プロトコルスタックに準拠したインタフェースを選択した。

これら実験機器を用いて、次章では受信可能範囲の特定を行い、3章では、UHF 帯での情報交信障害を除去する方法について検討しその対策を講じた。4章では、図書館書架に利用者が移動する状況を想定し、書架と書架の間に入る行動情報を入手できるかどうかの実験を行い、実験機材で実現可能な環境を構築したうえで、移動する実験参加者が持つカード情報を入手する実験を試みた。

最終章において、得られた知見をもとに、実際の図書館で移動者情報を取得するための条件や環境について検討した。

図書館における情報探索行動は、最終的には、利用者の行動情報と図書館内で使用した(あるいは、手に取ったが利用されてなかった)資料の情報を合わせて検討する必要がある。また、資料の利用だけではない図書館という場の利用についても、今後は研究の対象となるはずである。そのためには、まず、利用者行動の把握を、観察法以外の手法を用いて入手する試みをすべきだと考えてきた。これらが本実験の背景でもある。

RFID を用いて利用者の移動情報を得る近年の先行研究としては、リーダーとアンテナを利用者が所持し、図書館内資料に添付された IC タグ情報を取得することで、利用者を類型化した研究([1] 杉江典子, 2017)がある。この研究では、利用者(実験参加者)に、情報を記録するための機器として小型の情報機器と、それに接続する RFID リーダー・アンテナを所持してもらい、図書館内を移動する際に、資料に添付されている IC タグ情報(資料が配置されていないところでは、位置を特定するための IC タグを配置)を連続的に読み取ることで、利用者位置(=資料配架位置)と時刻、動線を特定する手法を用いている。

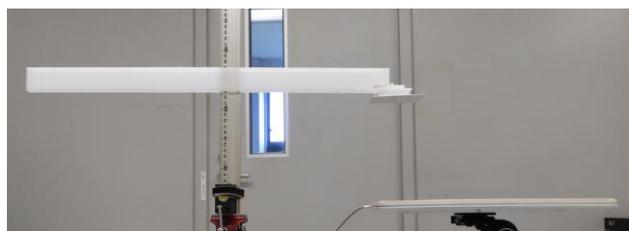
今回の基礎実験をもとに筆者が将来的に目指すことは、利用者に IC タグ付きカードのみを所持してもらい、図書館内の特定箇所に配置したリーダーとアンテナから、利用者がいつ特定地点を通過したかという情報を取得し(情報はリーダーに接続されている情報機器に保存)、その位置と時刻から、利用者の動線を得ることである。本論文における実験は、図書館で一般的に利用されている RFID 機器(リーダーやアンテナ)を用いて、移動する利用者が所持するカード情報の取得が可能かどうかを明確にするための基礎的な実験と位置付けている。IC タグ付きカードが、図書館が利用者に発行する ID カードであれば、通常利用者が所持している ID カードをもとに、利用者の動線情報を取得できる可能性も探ることができる。今後、図書館内で利用者が所持するカード情報を取得するための環境(アンテナやリーダー等)が整えば、特定の実験参加者だけでなく、通常の利用者から動線情報を取得することができる可能性も広がるだろう。

## 2. 受信可能範囲の特定

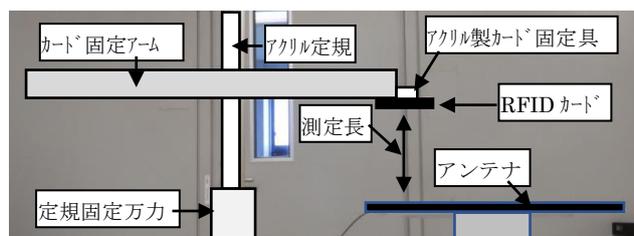
### 2.1. 実験環境

準備した RFID 機器を用いて、アンテナとカードの位置と距離をもとに、情報の受信可能範囲を測定した。

測定に用いた器具は、電波への影響も考え、受信範囲内に金属製の部材が入らないように配慮した。測定器具以外にも、周辺に金属製品が無いように配慮したが、作業台などに金属部品を用いている場合は、机上アンテナの電波発信・受信面より下部に配置するようにした。既存のハイトゲージ（高さを測定する機材）には、金属を用いているものがほとんどのため、アクリル材を用いて作成した（画像 1.参照 画像では、透明アクリル定規が見えづらかったため、アルミ定規に変更して撮影している）。



画像 1. 受信可能範囲測定機材



画像 2. 受信可能範囲測定機材（説明）

### 2.2. 測定方法と結果

実験に使用したアンテナ（UTR-SA3326）筐体の大きさは、横幅 32.6cm、奥行き 25.6cm、厚さ 1cm である。アンテナ面は、筐体の横幅方向上下側面に、奥行き方向左右側面よりやや大きな丸みを持たせているので、横幅 32cm、奥行き 24cm である。また、カードの大きさは、横幅 8.5cm、縦幅

5.4cm、厚さ 0.1cm である。測定では、アンテナ面（画像 3.参照）を横幅方向に 4 分割、奥行き方向にも 4 分割し、合計 8 つの区画を設定した（1 区画は、横 8cm、縦 6cm）。1 区画は、カードの面積とほぼ同等である。更に、同じ大きさの区画を、アンテナ外に 3 区画分設定し、全区画において受信可能範囲を測定した。測定方法は、アンテナ面と垂直に、遠方からカードを近づけ、カード情報を受信後、更にアンテナに近づけ測定を続けた。

一度情報を受信し、その後も安定的に受信できる場合は、最初の受信位置のデータを採用した。最初にカード情報を受信した後、受信信号が途切れたり、不安定になったりする場合は、安定して受信可能になった最初の位置を採用した。リーダーからの出力は、実験機の最大出力値である 24dBm (250mW) とした。アンテナを含めた区画の設定範囲は、図 1.のとおりである。



画像 3. アンテナ上面画像

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x										
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
y										

図 1. 測定区画（水平面）

測定回数は、各区画において 20 回とした。測定値はミリ単位で計測し、各区画の平均値を、センチメートル単位で切捨ててまとめた。測定値の結果を図 2.と図 3.にグラフ化して示す。

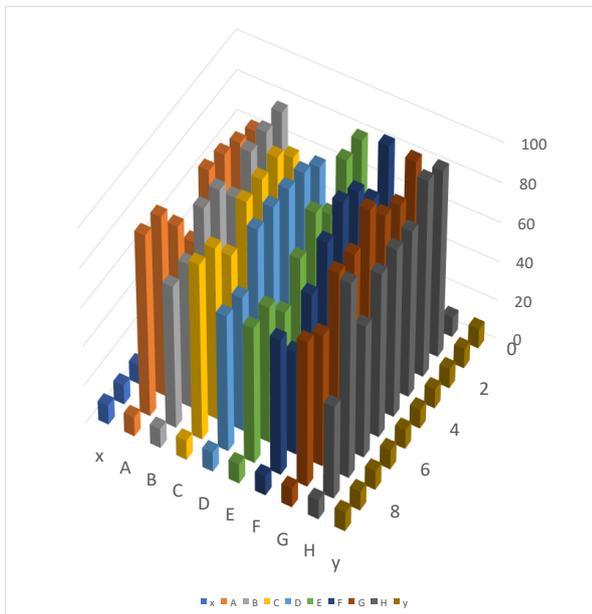


図 2. アンテナ受信範囲 1

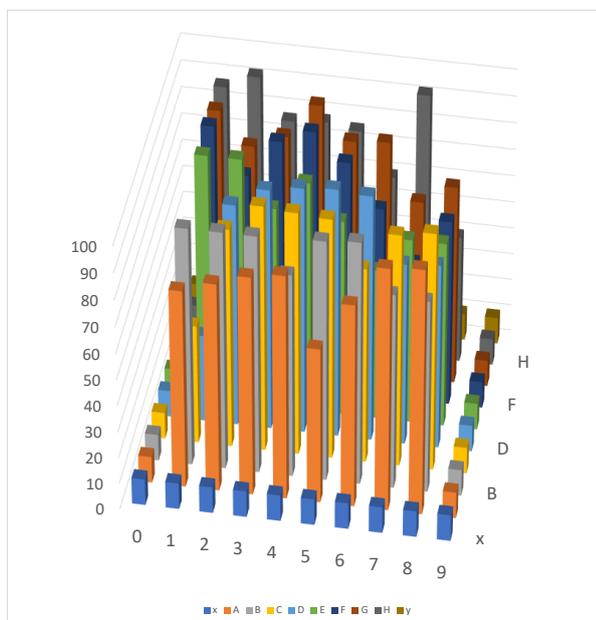


図 3. アンテナ受信範囲 2

アンテナの受信範囲データにおいて、x と y の区画並びと 0 と 9 の区画並びにおいては、アンテナからの距離が離れており、受信状態が非常に不安定だったので、暫定値として 1cm を与えた。

区画の位置によって、数値には多少のばらつきがみられるものの、受信可能距離は、アンテナ面の垂直測定値で、最低でも 74cm、最大値は 100cm だった。また、アンテナ面よりも外の区画においては、アンテナ面から離れるほど、受信可能距離も短くなっており、かつ、不安定な状態だった。

結論として、実験アンテナはアンテナ垂直面における指向性が高く、アンテナ面より外においても、不安定ではあるが、ある程度の受信が可能だった。受信可能範囲のもととなる区画は、受信状態が不安定な最も外側(暫定値 1cm)は除外し、アンテナ面とその外側 2 区画分の並びとすべきであろう。外側 2 区画分を含めた受信可能距離は 70~100cm で、アンテナ面垂直方向であれば、その範囲における受信状態は安定している。

### 3. UHF 帯 RFID における受信障害要因

#### 3.1. 水分による電波の減衰

UHF 帯 RFID において、電波の送受信を障害する要因の一つに水分がある (UHF 波の特性)。水分が多く含まれているものの近くに、IC タグを置くと、リーダーから送信されてくる電波が水分に吸収されるため、IC タグからリーダーに情報を送るための動作電力を十分に得ることができず、よって、リーダーへ情報を伝達することが困難になる。利用者行動の動線情報を取得するためには、利用者に IC タグが埋め込まれたカードを持参してもらい必要があるが、人体には水分が多量に含まれており、それが障害要因となる。

カードを携帯する場合、一般的な方法としては、ネックストラップを用いることが多い。しかし、ネックストラップのカードケースは、人体に近く、あるいは衣服と接している場合も多い。今回の実験でも、アンテナの中心からまっすぐにカードを配置した場合、ほぼ 100cm で安定した受信が可能であるが、カードフォルダにカードを入れてネックストラップを首にかけた場合、約 65cm から安定的な受信が可能となった(20 回の試行による)。衣服に接する面から、どの程度離せば人体に接していない状況と同等の受信状態を得られるか(mm 単位での計測は難しく、10mm 間隔計測)測定し

たところ、40mm 離せばやや不安定ながら受信は可能で、50mm の距離があれば水分の影響が全くない状態と同等な受信状態を得ることが可能だった。事前に準備した部材を1mm単位で加工することは難しい(5mm単位の加工は可能)ので、中間値の45mmで計測したところ、50mm離れている場合と変わらない結果を得た。これにより、今回は、何らかの方法を用いて常に人体から45mm以上離す必要があると判断した。

### 3.2. カードフォルダに取り付ける素材選択

本実験では、人体とカードフォルダの間に、電波に影響を与えない物体を入れることで、水分による影響を排除する手法とした。

物体の素材を選択する条件として、以下の4点を満足するものとした。①電波の送受信に影響を与えないこと(水分を含んでいないことも重要)、②軽量であること、③簡単に入手できること、④加工が容易なこと。

上記条件をほぼ満たすものとして、a 発泡スチロール、b コルク、c 発砲ポリエチレンを選択し、カードフォルダより一回り大きいサイズで、45mmの厚さに加工してカードフォルダに付け、送受信実験を行ったところ、どの素材も、素材の属性による通信の劣化は認められなかった。

各素材の加工後の重量は、a 16g、b 96g、c 17g、であり、発泡スチロールか、発泡ポリエチレンのいずれかを選択することになった。前者は加工が簡単でかつ、軽量だが、移動途中で簡単に角が欠けてしまうこともあり、強度に問題があった。また、面が平滑なため衣服との摩擦が少なく、カードフォルダ自体が裏返り、カードが衣服に接触した状態になることもあった。半面、後者は強度的な問題はなく、加工も前者よりは難しいものの、簡単に切断することはできる。また、素材表面もざらつきがあり、移動途中でカードフォルダが裏返ることもなかったため、後者を選択した。入手したポリエチレンシートは、15mmの厚さだったため、3枚を重ねて接着する必要があった。接着剤にも水分は含まれているため、直径3mmのアクリル棒を刺すことでまとめた(画像4, 5)。



画像4. 発泡ポリエチレン製カードフォルダ1

外見は武骨な感じであるが、今後、バルーンのような形状の素材にカードを閉じ込めることや、同じ発泡ポリエチレン素材を用いても、大きさを意識しない形状にする、あるいは人体水分の影響をカードに伝えない素材(なるべく薄いもの)などについても実験を重ねていくつもりである。



画像5. 発泡ポリエチレン製カードフォルダ2

## 4. 図書館を想定した書架への移動情報の収集

### 4.1. 想定する場

図書館を移動する利用者の位置を特定する場合、RFIDを用いて連続的に位置情報を受け取ることは難しく、特定の位置にアンテナを設置して、そこを通過した利用者の持つカード情報を読み取って、位置情報とする事とした。そのためには、まず書架を主軸に、どの書架の間を通過したかを確認すべきだと判断した。

一般的な図書館において、書架間隔(書架芯々距離)は、開架実用箇所(利用者背後をブックトラックが通行可能)では1650mm程度が目安であ

る ([2]日本図書館協会図書館ハンドブック編集委員会, 2016). 通常直立型書架の奥行きは 200mm 後であるから, 通路の幅 (有効通路幅) は, 開架実用箇所においては, 約 1250mm となる.

著者にとって最も身近で今回のような実験が可能な図書館としては, 大妻女子大学多摩校図書館がある. 同図書館では, 両面利用書架 (幅 450mm) を多く用いており, 書架間隔は 1600mm で有効通路幅は 1150mm である (いずれも実測値). 先の『図書館ハンドブック』と比較すると, 書架間隔で 50mm, 有効通路幅で 100mm 短いが, 今後も同図書館で実験を継続する予定であるため, 本図書館の書架位置等をベースに本実験を進めるものとした. (図 4 参照).

実験に用いているアンテナは, アンテナ面から垂直に, 最大 100cm の範囲が受信可能範囲であることがすでに判明している (2.2.参照). かつ, アンテナ面に正対した場合の受信が最も安定していることもわかっている. 書架間通路の真ん中にアンテナを配置すれば正面から移動する利用者のカード情報は十分に取得可能だが, そのような配置は現実的ではない. よって, 図 4.のような配置を考えた. なお, アンテナは三脚に乗せ, 画像 6.のように配置した.

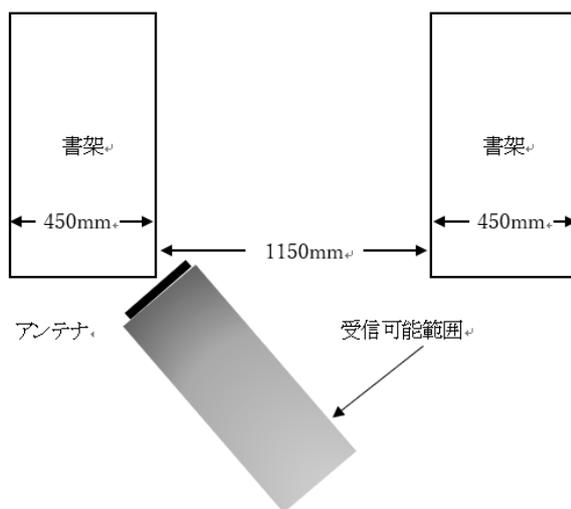


図 4. アンテナ位置と受信可能範囲



画像 6. アンテナ配置画像

書架側面に対して 45 度の角度でアンテナを配置すれば, 前方から移動する利用者カード情報ある程度取得できると考えた. 良好な受信環境は, 利用者が所持するカードが, 受信可能範囲をできるだけ長く通過することが重要で, かつ, アンテナと正対すればするほど受信確率は高くなるはずである.

次に, アンテナの高さを決定した.

実験参加者 10 名 (身長 154cm から 164cm までの女性) に, ネックストラップを付けてもらい, 床からカードの中心までの距離を計測したところ, その平均値は, ほぼ 100cm だった. これをもとに, 床からアンテナ中心までの高さを 100cm とした.

#### 4.2. 書架間通路への接近実験

前述の条件で, 実験参加者による実験を行った.

図 5.のように, アンテナ中心から書架間通路の中心に向かって 10cm 間隔で移動線を決め, 受信可能範囲外から書架間通路に向かって移動し, カード情報を取得できるかどうかの実験である (移動線と受信可能範囲との詳細な位置関係は図 6.を参照).

10cm 間隔の移動線は、アンテナ中心から 100cm までの 10 本とした。各移動線の中心を、参加者 1 名について 10 回移動し、10 名分の移動実験を行った。

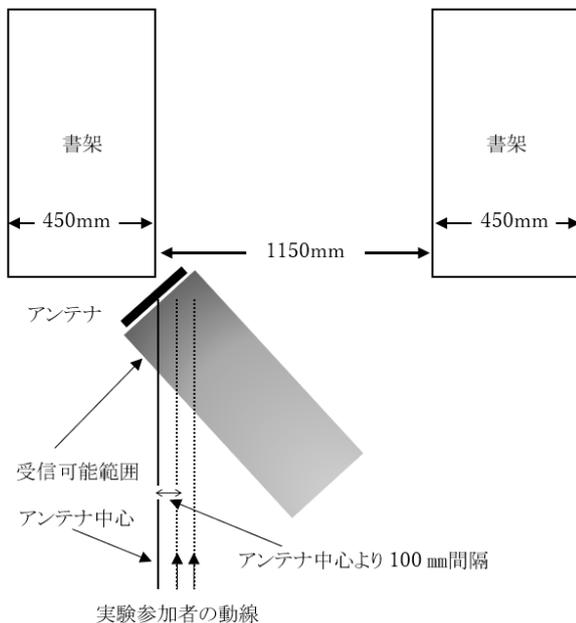


図 5. 書架間通路への接近実験 (全体)

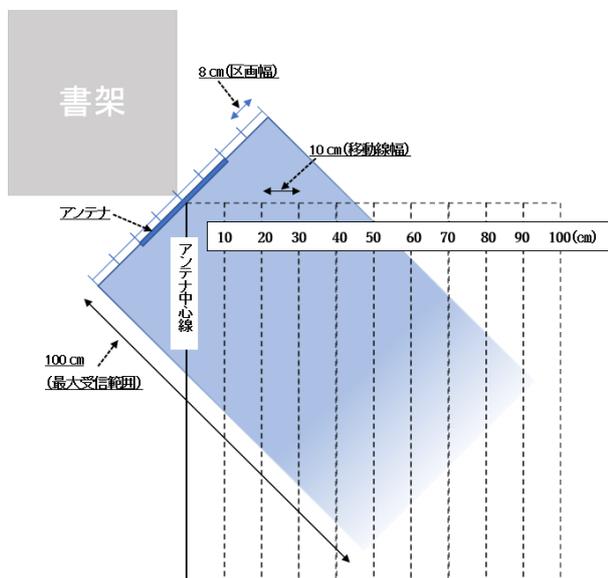


図 6. 書架間通路への接近実験 (詳細)

移動線の本数を決めるにあたって、前章で使用した測定区画のうち、最も外側の区画は受信可能範囲には入れず、アンテナ面とアンテナ面外側の 2 区画分を受信可能範囲とした。また、移動線を

10 本としたのは、前章での受信可能範囲の特定で、アンテナ面から最大で 100cm での受信が可能だったので、移動線が少しでもその範囲に入るもの全てと、受信可能範囲外ではあるが最も受信可能範囲に近い移動線を 1 本加えたからである。アンテナ面から 100cm 以上離れている動線での受信は不可能だと考えたが、アンテナ面を垂直にして計測するのは初めてなので、念のため受信可能範囲外の移動線を 1 本入れることにした。

実験参加者各自のデータを表 1.と同じフォーマット形式でまとめた (表 1.は、ある実験参加者 1 名分のデータである)。縦軸は実験回数、横軸はアンテナ中心からの距離 (単位は cm) である。カード情報が取得できた場合は 1 を、取得できなかった場合は 0 のデータを入力した。また、実験参加者全員の移動線ごとのデータ取得数と分散を表 2.に示した。

表 1. 一人当たりのカード情報取得カウント

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
9	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
取得カウント	10	10	9	8	8	3	1	0	0	0

表 2. 全員の移動線当たりのデータ取得数と分散

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
S1	10	10	9	8	8	3	1	0	0	0
S2	10	10	10	10	8	2	0	0	0	0
S3	10	10	10	10	9	2	0	0	0	0
S4	10	10	10	9	9	1	0	0	0	0
S5	10	10	10	10	9	2	0	0	0	0
S6	10	10	10	8	8	1	0	0	0	0
S7	10	10	10	7	7	0	0	0	0	0
S8	10	10	10	10	10	2	0	0	0	0
S9	10	10	10	9	10	4	0	0	0	0
S10	10	10	10	10	10	2	0	0	0	0
$\sigma^2$	0.00	0.00	0.09	1.09	0.96	1.09	0.09	0.00	0.00	0.00

ひとつの移動線で、100回分のカード情報取得数（一人あたり10回×10人分）を集計し、アンテナ中心からの距離との関係を図7にグラフ化した。

結果としては、アンテナ中心から50cmの範囲であれば、80%を超える確率でカードからの返信を得ることができており、60cmを超えるとカード情報の取得は極端に低下することが分かった。

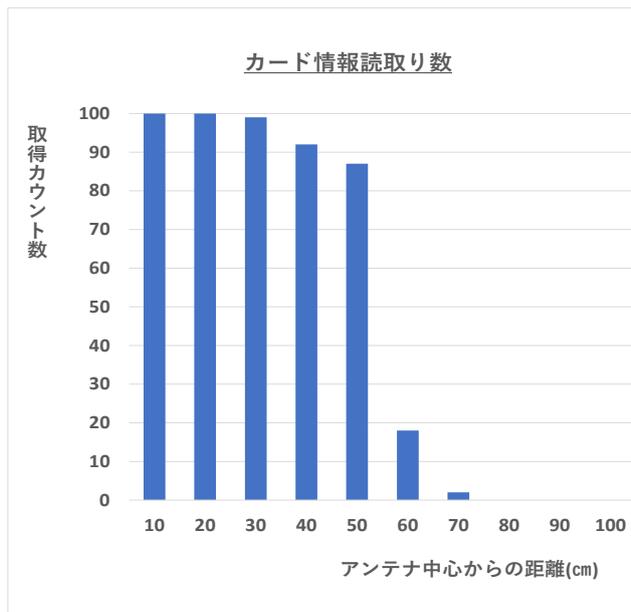


図7. アンテナ距離とカード情報読取り数

上記実験では、書架間通路のアンテナ側寄りの約半分を通過する場合のみカード情報が取得可能となる。また、直線的に接近・通過する場合の実験であり、書架間に近づく異なった移動パターン（例えば、隣の書架から回り込んで移動する場合など）のデータを取ることはできていない。

前者の場合は、右側の書架前にも、同様の角度でアンテナを配置（図8.参照）すれば右側半分の移動情報を取得することは可能だと推測した。詳細な実験は行っていないが（筆者による30回程度の試行）、アンテナ両側配置で直線的な接近を試みた場合、ほぼすべてのカード情報を取得することはできた。ただし、書架間通路の中心に向い直線的に移動する場合、情報取得にはばらつきがあった。これは、アンテナの中心から50cmまではデータ取得が80%以上の確率で可能だが、60cmを超えると、取得が難しくなることが原因であると推

測できる（図6.参照）。そのため、アンテナを左右5cm内側に移動させて同様な簡易な実験を試みたところ、ほぼすべてに試行において、カード情報を読み取ることができた。

後者について（隣の通路から回り込んで書架間に接近する場合など、図8.内「回り込みルート」参照）は、受信可能範囲を移動する際に、カード面とアンテナ面とが正対（あるいは正対に近い状態に）することが難しく、これによりデータ取得は難しいと判断できた（これも筆者による左右からの回り込み各50回程度の試行により、半数程度のデータ取得結果だった）。これら2点については、今回は詳細な実験は行わず、今後の検討事項とした。

## 5. まとめ

### 5.1. 基礎実験で明確になった事柄

今回の基礎的な実験では、そもそも図書館で実際に利用しているRFID機器（リーダーとアンテナ）を用いて、利用者の移動情報を取得できるかどうかが最初のハードルだった。また、UHF帯での情報伝達における水分による阻害要因は、物理的にカードと人体とを離すことで解決した。書架間の片側のみに机上で用いるアンテナを配置した基礎的な実験だったが、書架間通路の片側半分程度については、正面から近づく利用者が持つカード情報を取得することは可能だとわかった。また、精緻な実験ではないが、同一書架間の反対側に同様な条件でアンテナを配置し（図8.参照）接近を試みたところ、どちらかのアンテナによって、中心部分へ直線的に移動する場合を除き、ほぼすべての情報を取得することが可能だった。

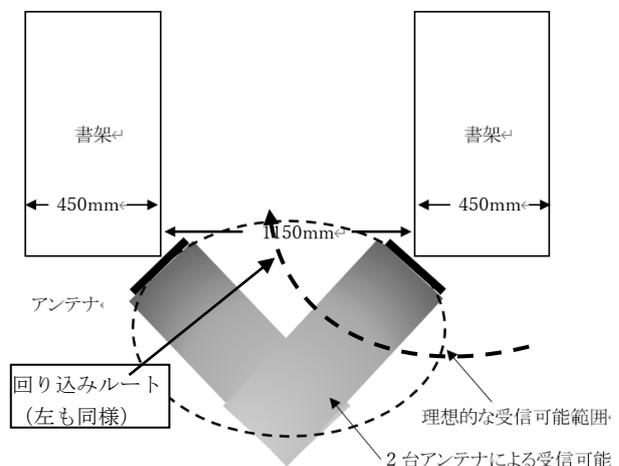


図8. 書架間に2台のアンテナを配置した場合

機器の性能等については、リーダーは、図書館で利用されている一般的な機器の中から、総務省への申請が不要な最大出力を持った機器を使用したため、今回使用したリーダーに近い仕様を持つものに、本製品以上の高い出力能力を望むことは難しい。ただしアンテナについては、使用するアンテナを変更することでより広範囲のカード情報を取得可能だと考えられる。今回使用したアンテナは、机上で利用するタイプ（比較的短い距離で正確な情報を得ることができ、アンテナ面から垂直範囲に指向性を持つ）を用いたため、受信エリアが限定され、情報を取得できる範囲が狭くなってしまった。書架間通路に直線的に近づく利用者カードの情報を取得するために、補完的に同じ種類の2台目のアンテナを用いれば、より多くの情報を入手することが可能であることはわかったが、多くのアンテナを図書館内に配置することは、コスト的にも問題が多く現実的ではないと判断できる。今回の実験に限定される条件だが、図8にあるような、楕円形で空間的にも膨らみを持った（ラグビーボールのような形状が理想）受信可能範囲を持つアンテナであれば、書架間通路に向うカード情報をより確実に取得可能だと推測できる（回り込み等の移動パターン変化にも対応可能かもしれない）。もしそのようなアンテナが図書館で利用されていないとしたら、図書館で現在利用されているRFID機器を流用して、利用者の位置情報を取得することは困難になるが、アンテナの変更により、カードデータ取得の可能性は高まるはずである。既存の機器を流用する場合、アンテナの角度や高さを調整すれば、ある程度の範囲で、カード情報を入手しやすくなるが、それも限定的で汎用性には欠けてしまう。

よって、本実験で明らかになったことは、1) 図書館ですでに利用されているRFID機器（リーダーとアンテナ）について、机上で用いる平面アンテナは、垂直面への指向性が高く受信可能範囲は狭いが、その範囲でのカード情報は取得可能であり、受信可能範囲の特定もできた(2章)。2) UHF帯を用いたRFIDによるカード・リーダー間でのデータ受信においては、人体の水分によるカード動作電力の低下があり、今回はカードと人体とを物理的に離すことで水分の影響を除去することができた(3章)。3) 1)の結果をもとに、図書館の書架間通路に向う移動者のカード情報を取得するためのアンテナの高さと角度を設定したが、書架間の片側書架にアンテナを配置するだけでは通路の片側半分を移動する情報しか得ることができず、反対側の書架にも同じようにアンテナを配置することが必要だった(4章)。また、今回用いたアンテナと同じような仕様を持つ複数のアンテナを配

置しない(できない)場合は、アンテナの受信可能範囲がより広く指向性が強くないものが適していることもわかった。これらの3点には、大前提として、リーダーを申請が必要な高出力製品に変更しない条件が含まれている。

## 5.2. 今後の課題と実験の継続可能性

本実験では、利用者が移動しながら所持するICタグ入りカードを、既存のRFID機器によって読取り、位置情報(アンテナ設置位置)として利用できるかどうかポイントだった。シンプルな実験ではあったが、特定位置に置かれたアンテナで、移動する利用者が所有するカード情報を限定的に取得することは可能だった。

ただし、より広く確実に情報を取得するには、アンテナ性能(指向性が強くなく、ある程度の広い範囲でカード情報を取得できる)によるアンテナ自体の選択が必要であることも考えられる。RFID機器を製造販売しているタカヤ株式会社によると、一般的にアンテナの指向性を強くすれば電界強度は強まり、指向性を弱めれば電界強度は弱まる傾向があるとのこと。ただし、電波の偏波方式や指向性のデザインによっては、今回使用した低出力リーダーでも広い指向性を持ち、2m以上の交信可能距離を持たせることができるとの回答を得た。前述したが、1台のアンテナで書架間通路に入る利用者のカード情報を得るためには、ラグビーボールのような立体的な受信可能範囲を持つアンテナをその候補として挙げることができる。

今後の実験において、送受信距離はリーダーの出力調整で細かく設定が可能であり、アンテナの性能(指向性等)選択と設置位置、アンテナ角度の調整を行うことができれば、今回の実験ベースとした大妻女子大学多摩校図書館における、より広範囲での実験も可能だと判断している。

ただし、多数のリーダーとアンテナを用いなければ情報を収集できないという問題も残っている。同一位置に2台のアンテナを配置し情報を取得する問題については、アンテナの指向性と受信可能範囲をもとに1台のアンテナを選択することで解決できるが、図書館により少ないアンテナで情報を得るためには、既製品ではなく、アンテナ自体の改良や開発も視野に入れて実験を進める必要がある。複数のリーダーについても、単一リーダーで複数のアンテナ入力を自動的に切り替える工夫も考えなくてはならない。

利用者の位置情報を、RFID技術とリーダー、アンテナを通じて取得できれば、同一カードIDの位置を繋げることで、移動形態が見えてくる。また、位置情報と共に、データを取得した時刻も明確になるため、滞在時間の特定も可能となるはずだ。

次のステップとして、工場等で動線管理に用いられているアンテナ（人ではなくモノを対象としている高出力リーダーに対応しているが、指向性は高くない）を参考にして、機器構成の再考や設置位置の変更、リーダー出力の調整やカードフォルダ素材の追及などを行いつつ、図書館利用者の動線情報を得ることを目指したい。

### 謝辞

本研究は、大妻女子大学平成30年度「戦略的個人研究費（S3005）」による助成で進めることができました。ここに感謝申し上げます。

### 引用文献

- [1]杉江典子. RFIDにより取得した図書館内位置情報に基づく利用者の類型化. 日本図書館情報学会誌. 2017, Vol. 63, No. 2, p.71-89.  
[2]日本図書館協会図書館図書館ハンドブック編集委員会. 図書館ハンドブック第6版補訂2版. 2016, p.410.

### 参考文献

- 岡本一志 [ほか]. 書架設置型 RFID システムを用いた資料の図書館内利用調査. 情報知識学会誌. 2017, Vol. 27, No. 3, p.227-244.

## Abstract

Few surveys have ever been conducted on tracing user behavior in libraries; and hence few analyses of user behavior based on such surveys are available. The phenomena are attributable to the difficulty to acquire user behavior information by using an observation method. In this experiment, I aim to find out whether wireless technology can be used to obtain the card (with IC tag) information of a user who moves around in a library. For this, I have used an RFID (Radio Frequency Identification) equipment already used by libraries. I have chosen this equipment because it is readily available and the equipment already in use can be easily put into further uses. This being a basic experiment, I limited the scope of my investigation to 1) analyzing the characteristics of the antenna that receives the card information (i.e. specifying the reception range), 2) identifying the conditions that obtain between the antenna and the card to acquire the user information, and 3) to spot the antenna positions that lead to acquiring the information of users who roam among bookshelves. I have found that 1) the antenna used in the library (the flat kind in use on a desk at the time of lending and returning) has high directivity, and card information can be acquired only in a narrow range; 2) a way needs to be devised to keep the card in some distance from the human body, for the RFID equipment employed this time, which uses UHF waves, are strongly affected by moisture; and 3) user behavior information can be acquired by adjusting the angle and height of the antenna. I propose 3) as a solution to 2). However, since user movement was traced in a relatively narrow range in this experiment, I believe multiple antennas need to be used to supplement each other. I conclude that it is possible to acquire the information on the movement of library users with existing equipment; and that it takes some adjusting of the antenna characteristics (including change of antenna models).

(受付日：2019年10月24日，受理日：2020年6月22日)

### 深水 浩司（ふかみ こうじ）

現職：大妻女子大学教職総合支援センター

専門分野は図書館情報学，リテラシー教育(コンピュータリテラシー，情報リテラシー，メディアリテラシー)の理論と実践で，現在はICTを用いた図書館利用に関する実験と研究を行っている。

『人間生活文化』への投稿論文は，図書館での利用者行動情報（動線）取得のための基礎実験を論文化したものである。

近著では、『アカデミック・スキルズ実践テキスト：情報収集から論文作成技法まで』（深水浩司，渡辺志津子著 皆美社，2020.4）がある。