

I-4 RFID を用いた個人の移動検知に関する研究

A Study on the Movement Detection of Individual by Radio Frequency Identification

水野雄一¹・高田恭宏²・佐田達典³・石坂哲宏⁴

Yuichi MIZUNO, Yasuhiro TAKADA, Tatsunori SADA, and Tetsuhiro ISHIZAKA

抄録：現在、安全や安心のために個人の移動軌跡を把握することが重要視されつつある。しかし、屋外では GPS が利用できるものの、屋内での汎用的な位置検知システムはない。本研究では近年物流分野で利用が進んでいる RFID により屋内での個人の移動軌跡の把握を行うことを目的とした。RFID を使用し被験者の移動を検知するための条件を実験より求めた。また複数枚の IC タグを被験者が装着し、検知組み合わせから被験者の向きを把握する条件を調べた。さらに、本システムを普段とは異なる動きを被験者に知らせる行動把握へ適用し、安心・安全のための移動検知システムの適用可能性を示した。

Abstract: The purpose of this study is to prove the feasibility of RFID to grasp the individual movement indoor. In this study, plural antennas of RFID were set up at known points in facilities to detect the passage of the testee who wore IC tags on the clothes, and the movement pathways were estimated by the detection data of each antenna. Testee's direction was estimated from the combination of detected ID of IC tags on the clothes. On the application of RFID, the detecting and warning system for unusual behavior was developed by analyzing accumulated individual movement data.

キーワード： RFID, IC タグ, 移動検知, 安全管理

Keywords : Radio Frequency Identification, IC tag, Movement Detection, Safety Control

1. はじめに

現在、屋内外問わず、安全・安心のために個人の位置情報や所在確認のニーズが高まっている。また、年々増加傾向にある施設内の高齢者や障がい者の事故を未然に防ぐために、個人の移動軌跡（行動パターン）を把握することも重要視されつつある。特に、所在確認、異常行動の把握と警告を行うことで、事故の危険性を予測し未然に防ぐことにつながると考えられる。

屋外では GPS を使用し正確な位置情報を取得することができる。しかし、屋内では、電波が建物等で遮蔽されるため GPS の適用は困難である。そのため、屋内に適した他の技術が必要である。また、移動軌跡を把握し、事故の未然防止を目的とした場合、確実かつ正確な情報が求められる。

屋内測位では無線 LAN などが利用されており、また屋内で装置の位置情報を直接発信することができる IMES (Indoor Messaging System) など今後運用が期待される。それらの中でも近年製造や物流分野で使われており、これからの運用が有望視される RFID は工夫によって屋内での個人の移動検知に用いることができると考えた。

本研究は、RFID を用いて、屋内における個人の移動軌跡の把握を行い、その適用可能性を明らかにすることを目的とする。また、RFID の応用例として、日常の移動軌跡データを連続して取得・分析する方法を示し、異常行動を把握し警告を行うシステムを試作した。

2. RFID の技術概要

RFIDとは、Radio Frequency Identificationの略であり、電波を利用した通信技術である。アンテナとID情報を埋め込んだICタグとの間で電波や電磁界などを用いて無線通信により情報のやり取りを行う方式及び技術全般をいう。図-1にRFIDの技術概要を示す。

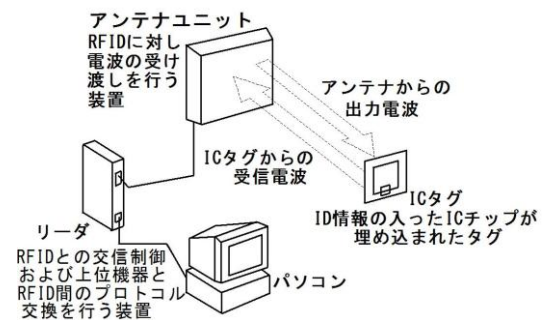
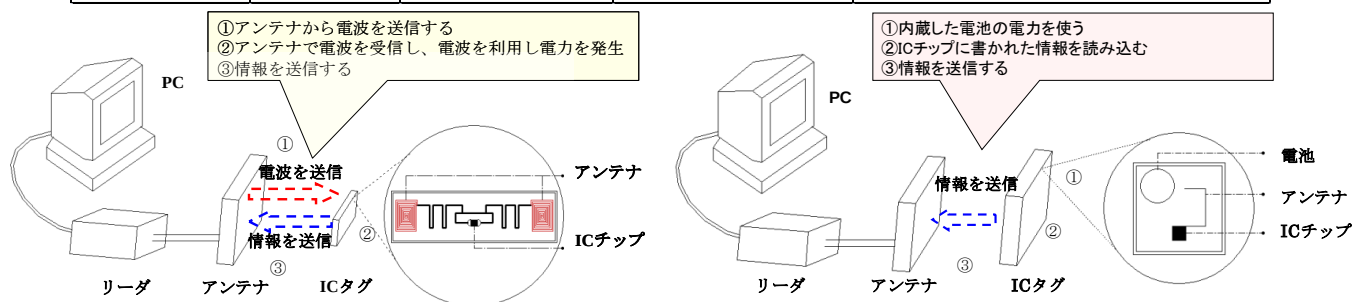


図-1 RFID 概要図

-
- 1 : 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科 社会交通工学専攻
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1, Tel : 047-469-8147, E-mail : mizuno.yuichi@trpt.cst.nihon-u.ac.jp)
- 2 : 非会員 (株) 日本レストランエンタプライズ
- 3 : 正会員 博士(工) 日本大学 教授 理工学部 社会交通工学科
- 4 : 正会員 博士(工) 日本大学 助教 理工学部 社会交通工学科

表－1 RFIDの周波数別特徴¹⁾²⁾

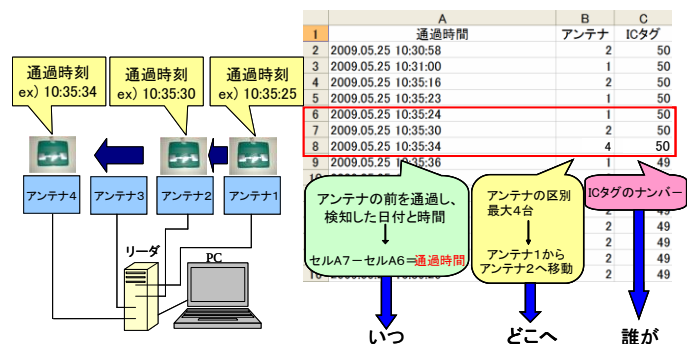
媒体方式	使用電波	周波数	交信方法	特徴
電磁誘導方式	短波	13.56MHz	誘導磁束による誘起電圧による	・水分やノイズの影響を受けにくい ・通信距離が短い ・情報処理が早い
電磁結合方式	中波	400～530kHz	交流磁界によるコイルの相互誘導による	・金属に埋め込み可能 ・周波数相互干渉
電磁誘導方式	長波	125～135kHz	誘導磁束による誘起電圧による	・通信距離が長い ・水分や鉄の影響を受けやすい
マイクロ波方式	マイクロ波	2.45GHz	2.45GHz帯のマイクロ波による	・通信距離が長い ・水分や鉄の影響を受けやすい
電波方式	UHF帯波	950～956MHz	UHF帯の電波を用いる	・通信距離が長い ・水分や鉄の影響を受けやすい
光通信方式	光波	赤外線 (384THz～789THz)	赤外線などの光による	・電磁波の影響を受けない ・レンズ部の汚れや水分等に影響する



図－2 RFIDの動作 (左: パッシブタイプ, 右: アクティブタイプ)

RFIDは、表－1に示すように使用する周波数により交信方法、特徴など大きく異なる。周波数が高くなるほど通信距離は飛躍的に上昇するが、水分や鉄などの影響を受けるようになる。

RFIDは2種類に分けられ、アンテナからの電磁波をICタグの電源にしてID信号を送信するパッシブタイプ、ICタグ自体に電源を搭載し自らID信号を常時送信するアクティブタイプがある。図－2にそれぞれの概要を示す。



図－3 RFIDを使用した移動検知システム

3. 既存研究との位置付け

RFIDを用いた位置検出方法は屋内外で様々な方法が研究されている。屋内では、楓ら(2005)のタグに付けられた世界における個人の行動特性を用いた意図予測がある³⁾。同研究の実験では、部屋内にICタグを設置し、被験者が検出装置を持って移動している。そのときのアンテナとICタグの検知距離が約2cmであるため、アンテナはICタグに触れなければならない。

小室ら(2009)のUHF帯RFIDを用いる屋内位置推定における人体の影響を考慮したシミュレーション、UHF帯RFIDを用いる屋内位置推定の推定精度向上法がある⁴⁾⁵⁾。同研究の実験では、天井にICタグを設置し、被験者がリーダーを持ち位置推定を行っている。また、人

表－2 場所別RFID使用方法

使用場所	屋内	屋外
被験者装着		
ICタグ	△	○
アンテナ・リーダー	○	△

○: 多い △: 少ない

体により位置推計誤差が生じることが示されている。本実験方法では、リーダーとICタグ間に身体が入った場合検知が困難であり、高い確率で位置推計誤差が生じるため正確な位置情報取得が困難である。

高田ら(2008)のUHF帯RFIDを用いた屋内歩行者の通過検知のための基礎研究がある⁶⁾。同研究の実験



図－4 実験に使用した IC タグ
(左：タグ A，中央：タグ B，右：タグ C)



図－5 実験使用機器

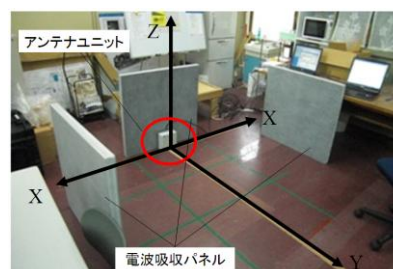
では、IC タグを被験者に装着し、固定されたアンテナの前を通過し検知を行っている。そのとき、IC タグを正面に装着しているため、アンテナに対して正対しなければ正確な検知を行うことができない。

屋外では、武井ら（2006）の IC タグを用いた入退場管理システムの開発がある⁷⁾。同研究の実験では、周波数帯 13.56MHz の RFID を使用し、ゲート上部にアンテナを設置し、ヘルメット内に IC タグを装着する。そのヘルメットを装着した作業員がゲートを通過した際、音声とランプの点滅により検知の有無を知らせる。しかし、使用した IC タグの通信距離が 50cm と短いため、ヘルメット以外の部位に IC タグを装着すると検知を行うことが困難である。また、マラソン自動計測システムの事例では、アクティブタイプの IC タグを選手の胸のゼッケンに装着し、各ポイントに設置したアンテナを選手が通過した際の計測時刻や速度等を把握可能である⁸⁾。一方、UHF 帯 RFID を利用した自転車・歩行者の安全環境整備のための社会実験の事例では、通勤・通学路などの主要な交差点にアンテナを設置し、自転車や歩行者の鞆に装着した IC タグを検知することで、通行者の通行日時・通行経路を把握することができる⁹⁾。さらに、IT を活用した障害者等向け移動支援システムの実証実験の事例では、点字ブロックに IC タグを埋め込み、先端にアンテナを取り付けた白杖をかざすことで、現在位置情報を音声により提供することができる¹⁰⁾。

既存研究では、RFID の使用方法として、表－2 に示すように、被験者に IC タグを装着し、移動経路の主要地点にアンテナ・リーダを設置する方法と、被験者にアンテナ・リーダを持たせ、移動経路に複数の IC タグを装着する方法に分けられる。前者の方法は、主

表－3 「CRDK-900J-G2」の主な仕様

項目	内容
IC タグの種類	パッシブタイプ
周波数帯	UHF 帯(952～956MHz)
占有周波数帯域	(200×n)kHz
空中線電力	1W 以下
空中線利得	6dBi 以下

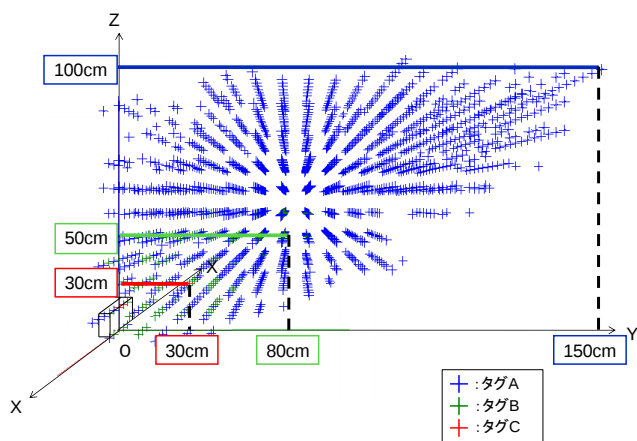


図－6 実験状況

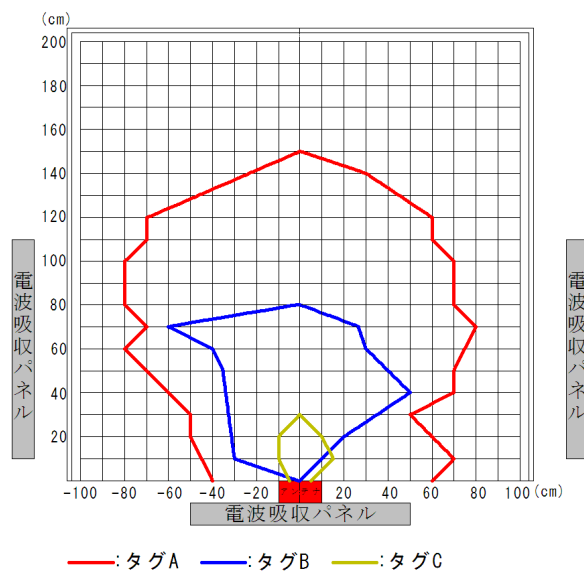
に屋外で使われることが多く、大人数を把握する場合に用いられている。この方法は、多くのデータを一度に処理できる。しかし、アンテナ設置点での大まかな位置情報しか取得できず、位置情報を正確に把握するためには多くのアンテナの設置が必要となるためコストがかかる。後者の方法は、主に屋内で使われることが多く、個人の位置を把握する場合に用いられる。この方法は、一つのアンテナで一人分の情報しか入手できないが、複数の IC タグを用いることで正確な位置情報を把握することが可能である。しかし、アンテナの装着位置などにより位置計測誤差が生じる恐れがある。以上の理由から、屋内の位置情報の把握には後者の方法が用いられている。

本研究では前者の方法で屋内における位置情報の把握を行った。本研究は、高齢者の異常行動による危険を未然に防ぐことを目的としており、異常行動を行う恐れのある高齢者を検知するために、持ち忘れの恐れのある後者の方法より、衣類などに装着し常に身につけられる前者の方法が適していると考えた。また、複数の IC タグを体の前後左右に装着することで、アンテナの方向・体などの障害物に関わらず正確に検知が行え、検知した IC タグの組み合わせから被験者の進行方向や向きを把握することができると考えた。以上より、前者の方法でも比較的容易なシステムで、個人の位置情報の把握を詳しく行うことができると考える。

本実験では、図－3 に示す RFID を使用した移動検知システムを構築し使用した。本システムは、最大 4 つのアンテナを使用することが可能である。IC タグがアンテナを通過した場合、検知した時間を秒単位で取得することができ、検知したアンテナ番号、検知した IC タグの ID 番号をリアルタイムに表示する。また、複数の IC タグを同時に認識することも可能である。



図－7 IC タグの検知可能範囲（Y 方向，Z 方向）



図－9 各 IC タグの指向性図

表－4 各 IC タグの検知可能範囲

IC タグ	検知可能範囲 (cm)			
	X (右) 方向	X (左) 方向	Y 方向	Z 方向
タグ A	80	80	150	100
タグ B	50	30	80	50
タグ C	10	10	30	20

ンテナ面からの高さ方向を示した. 3 種類の IC タグを用いて実験を行い, どの IC タグが最も検知可能範囲が大きいかを検証した.

実験の際, 電波の金属等による反射の影響を防ぐ電波吸収パネルを 3 枚使用した.

(4) 実験結果

図－7, 図－8, 表－3 に各 IC タグの検知可能範囲を, 図－9 に各 IC タグの指向性と電波吸収パネルの設置位置を示す. 表－4 より, 最も検知可能範囲が大きいのはタグ A であった. この結果から, タグ A を今後の実験で使用する.

5. RFID による移動検知のための基礎実験

(1) 実験目的

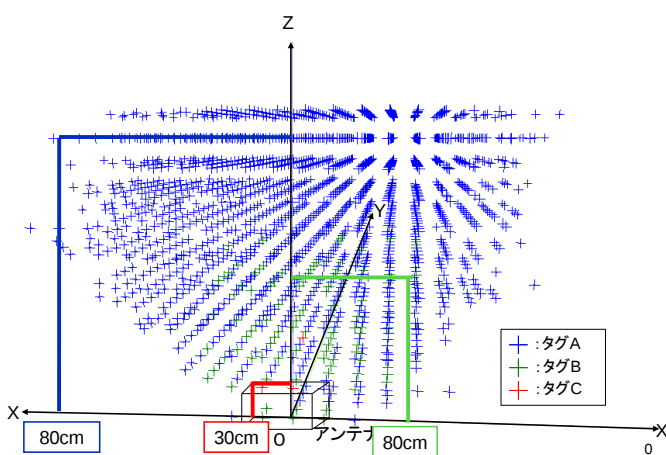
室内の移動軌跡を示すためには, アンテナを通過する被験者を正確に認識する必要がある. また, 被験者の進行方向も正確に把握する必要がある.

本実験では移動する被験者を移動方向・アンテナと被験者の距離と方向からどの程度検知できるか明らかにすることを目的とする.

(2) 移動体検知実験（方向別実験）

a) 実験内容

図－10 に示すようにアンテナを研究室の 4 箇所設置した. アンテナは, それぞれ研究室で多く利用



図－8 IC タグの検知可能範囲（X 方向）

4. IC タグの検知可能範囲実験

(1) 実験目的

RFID を用いて行動を把握するにあたり, 被験者がアンテナ付近を通過した際に誤りなく検知しなければならない. そのためには IC タグの検知範囲を把握する必要がある. 本実験は, 図－4 に示すタグ A (CT-900-G2), タグ B (mini-squiggle-SH), タグ C (ALN-9529-squiggle-SQ) の 3 種類の IC タグそれぞれの検知可能範囲から実験で用いる IC タグを選定することを目的とする.

(2) 使用機器

本実験では, 図－5 に示す高出力型 UHF 帯 RFID 「CRDK-900J-G2」, (周波数 952～954MHz, パッシブタイプ) を使用した. 主な仕様を表－3 に示す.

(3) 実験内容

RFID を用いて行動を把握するにあたり, アンテナを原点として三次元直交座標 (X, Y, Z) の 10 cm ごとの各格子点に IC タグを移動させていき, 検知の有無を調べた. 図－6 のように X 軸はアンテナ面から平行方向に, Y 軸はアンテナ面から垂直方向に, Z 軸はア

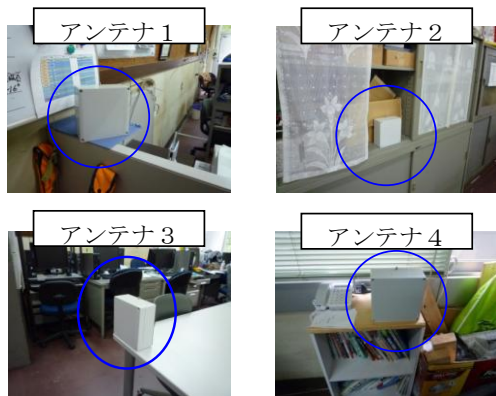
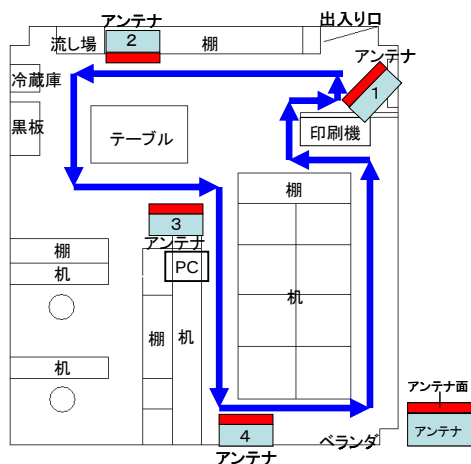


図-10 アンテナ設置図

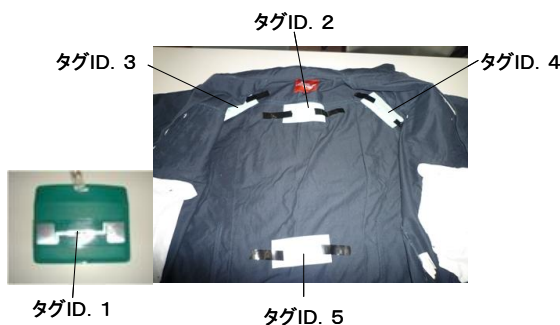


図-11 IC タグの配置図

される通路に設置した。被験者は図-11のように IC タグを胸、右肩、左肩、背中 2 枚計 5 箇所装着した。図-10 に示した研究室の決められた経路を 100 回移動した。アンテナ通過の際に検知した割合を求めて検証した。

b) 実験結果

表-5 に各アンテナの通過検知割合と各 IC タグの検知割合、各アンテナの設置高、各 IC タグの装着高を示す。各アンテナの通過検知割合に注目する。本実験の通過検知割合とは、アンテナを通過した際、一つでも IC タグを検知できた割合とする。同様に検知割合は、アンテナを通過した際、検知できた IC タグの割合とする。

アンテナ 1 とアンテナ 4 を通過する際、100%の割合

表-5 各アンテナの通過検知割合とタグの検知割合

アンテナ番号 (設置高)	通過検知 割合 (%)	各 IC タグの検知割合 (%) (装着高)				
		タグ ID. 1 (110cm)	タグ ID. 2 (140cm)	タグ ID. 3 (140cm)	タグ ID. 4 (140cm)	タグ ID. 5 (100cm)
アンテナ 1 (120cm)	100	39	1	25	9	26
アンテナ 2 (100cm)	99	38	0	34	0	29
アンテナ 3 (70cm)	95	93	0	7	0	0
アンテナ 4 (90cm)	100	48	6	30	0	20

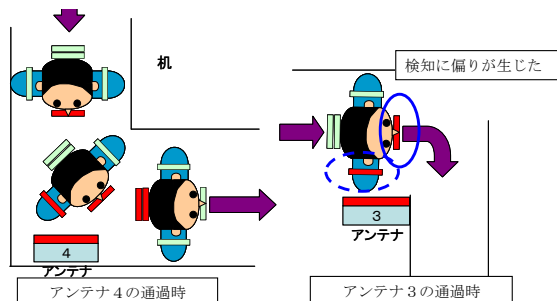


図-12 アンテナ 3、4 の検知 IC タグの違い

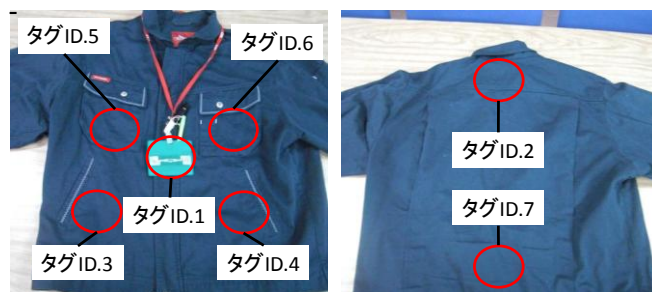


図-13 タグ配置

表-6 各 IC タグの装着高

各 IC タグの装着高 (cm)						
タグ ID.	タグ ID. 2	タグ ID. 3	タグ ID. 4	タグ ID. 5	タグ ID. 6	タグ ID. 7
110	140	100	100	130	130	90

で確実に検知することができた。また、アンテナ 2 も 99%と高い通過検知割合を示した。アンテナ 1、アンテナ 2、アンテナ 4 の各 IC タグの検知割合はタグ ID. 1、タグ ID. 3、タグ ID. 5 にほぼ均等に検知していた。図-12 の左図のように向きを変えるごとに複数個所の IC タグを検知することはできるため、高い通過検知割合を維持できると考える。しかし、アンテナ 3 のみ 95%とやや通過検知割合が落ちる結果となった。表-4 の結果から、アンテナ 3 の場合、側部のタグ ID. 3 と後部のタグ ID. 5 の割合が低い値を示したためと考えられる。また、すべての IC タグの検知割合を比較した場合、アンテナと同じ高さ、もしくはアンテナの中心より 40cm 程度上に装着していた場合、最も高い割合で検知を行うことができた。

(3) 移動体検知実験 (距離別実験)



図-14 実験状況（左：往路，右：復路）

a) 実験内容

アンテナを高さ 70cm の地点に設置し実験を行った。図-13 に示すように作業着の内側とストラップの裏に IC タグを張り付けた。この時 IC タグを張り付けた位置は前面のポケットにそれぞれ 1 枚、ストラップに 1 枚、背中上下に 2 枚とした。表-6 に各 IC タグの装着高を示す。アンテナから一定距離地点に線を引き、その線上を被験者に一定方向へ移動させ検知を行った。図-14 に示すように左から右を往路、右から左を復路とした。アンテナから 60cm の地点から開始し、アンテナを中心とした左右 2m の区間を 50 往復し検知を行った。また、各 IC タグのアンテナ通過毎の検知時間も同時に集計する。検知終了後、被験者の移動地点をアンテナから 20cm 遠ざけ同様に検知を行った。読み込める限り同様に検知を行い今回の条件で検知できる最大距離を検証した。

b) 実験結果

表-7 に距離別の各 IC タグの検知割合を、表-8 に各 IC タグアンテナ通過毎の検知時間を、図-15 に距離別の通過検知割合を示す。アンテナからの各距離別の通過検知割合に注目すると、確実な通過検知割合で検知を行える距離は 120cm 以内であった。140cm 以降では、復路がやや通過検知割合が高かったものの、往路、復路ともに大きく検知割合が低下した。各 IC タグの検知割合に注目すると、60cm、80cm 地点では、前部、側部に装着した IC タグを往路、復路ともに高い割合で検知を行うことができた。100cm 以降では、前部に装着したタグ ID.1 はほとんど検知することができなかった。また、側部に装着した IC タグでも、設置高 100cm のタグ ID.3、4 よりも設置高 130cm のタグ ID.5、6 の方が高い検知割合で広い範囲を検知することができた。距離が離れるにつれ、アンテナ側に面した IC タグが高い検知割合を示した。また、検知割合が高い IC タグほど検知時間が長かった。背中に張り付けたタグ ID.2、7 は検知を行うことができなかった。

（4）複数 IC タグ装着による被験者の向き把握実験

a) 実験内容

IC タグの装着位置は図-11 に示すように IC タグを胸のストラップに IC タグ ID.1、背中上部に IC タグ ID.2、右肩に IC タグ ID.3、左肩に IC タグ ID.4、背中

表-7 アンテナの通過検知割合とタグの検知割合

奥行き 60cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	38	0	14	78	26	100	0
復路	48	0	94	12	98	32	0
合計	43	0	54	45	62	66	0

奥行き 80cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	50	0	25	82	26	100	0
復路	48	0	8	8	100	10	0
合計	49	0	4	45	63	55	0

奥行き 100cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	0	0	0	22	4	100	0
復路	8	0	0	0	100	2	0
合計	4	0	0	11	52	51	0

奥行き 120cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	18	0	0	14	70	92	0
復路	10	0	0	0	100	8	0
合計	14	0	0	0	85	50	0

奥行き 140cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	2	0	0	6	0	10	0
復路	0	0	4	0	78	0	0
合計	1	0	2	3	39	5	0

奥行き 160cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	0	0	0	0	16	34	0
復路	0	0	0	0	88	16	0
合計	0	0	0	0	52	25	0

奥行き 180cm							
移動経路	各ICタグの検知割合 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
往路	0	0	0	0	2	2	0
復路	0	0	2	0	86	0	0
合計	0	0	1	0	44	1	0

表-8 各 IC タグアンテナ通過毎の検知時間

検知時間 (秒)	各ICタグの検知時間 (%)						
	ID. 1	ID. 2	ID. 3	ID. 4	ID. 5	ID. 6	ID. 7
1	95.3	0	63.0	88.9	46.8	30.8	0
2	4.7	0	31.5	11.1	43.5	49.2	0
3	0	0	5.6	0	9.7	20.0	0

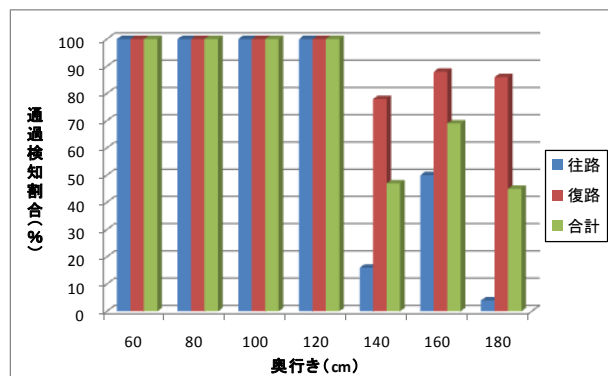


図-15 距離別通過検知割合

下部に IC タグ ID.5、計 5 箇所装着した。アンテナは高さ 70cm 地点に設置した。

被験者に IC タグを作業着の外側と内側に貼付し、ア

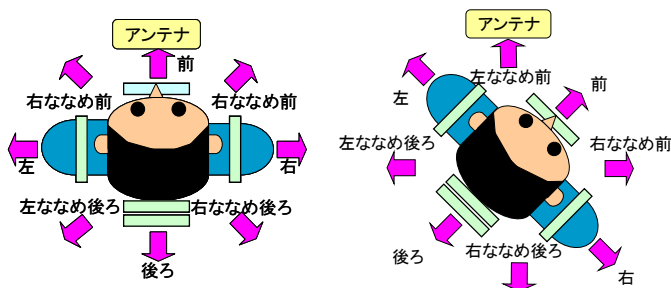


図-16 被験者の動き



図-17 実験状況

ンテナの前を100回、前後左右向きを変え検知を行い衣類の内外に設置した場合の検知割合と方向別の検知割合を示した。図-16にそのときの被験者の動きを、図-17に実験状況を示した。

b) 実験結果

表-9に衣服の外側と内側に貼付したときの各 IC タグの検知割合を示す。衣服の外側に IC タグを装着したときと内側に装着したときでは検知割合にほとんど差はなかった。そこで以後の実験では IC タグを衣服内部に装着し IC タグを装着し実験を行った。図-18は検知した IC タグの組み合わせから被験者の方向との対応割合を示す。図-18の中の赤で表示した IC タグが検知した IC タグを示す。被験者が前方向、右方向、後ろ方向、左ななめ前方向に向いた場合、対応割合は100%を示した。左ななめ後ろ方向と左方向を向いた場合、対応割合は99%と高い割合を示した。よって、前後左右の向きにおいては確実な検知が可能であった。また、全方向ともに9割以上の高い検知割合を示した。

(5) 考察

a) 移動検知実験（方向別実験）

タグ ID. 3, 4の検知割合を比較した場合、側部に取り付けした IC タグの検知割合に大きな差が確認できた。また、後部に装着した IC タグの検知割合によって通過検知割合が大きく低下したため、被験者を認識するためには後部の IC タグが重要である。さらに、アンテナの正面、もしくはアンテナより40cm程度上に設置した場合高い検知割合を示した。

表-9 服の外・内側別各 IC タグの検知割合

ICタグ配置位置	各ICタグの検知割合 (%)	
	衣服の外側	衣服の内側
タグID. 1 (胸)	98	99
タグID. 2 (背中上部)	97	98
タグID. 3 (右肩)	100	99
タグID. 4 (左肩)	98	98
タグID. 5 (背中下部)	94	95

左ななめ前	前	右ななめ前
タグID. 1, 3 100%	タグID. 1 100%	タグID. 1, 4 94.0%
左	アンテナへの向き	右
タグID. 3 99.0%	検知したタグID 対応確率 (%)	タグID. 4 100%
左ななめ後ろ	後ろ	右ななめ後ろ
タグID. 2, 3 99.0%	タグID. 2 100%	タグID. 2, 4 91.0%

図-18 検知タグの組み合わせと方向の対応割合

表-10 確実に移動検知を行う条件

項目	条件
タグ設置枚数	前後左右1枚ずつ計4枚以上
アンテナ距離	120cm以内
タグ設置高	・アンテナの正面 ・アンテナ中心より40～50cm上部
衣類	厚めの服を着用し肌にタグを密着させない

b) 移動検知実験（距離別実験）

距離別実験より、アンテナから120cmの距離まで100%被験者を認識することができた。また、側部に取り付けした IC タグは、向きにより検知割合に差がみられた。アンテナから40cm～50cm上に装着した IC タグが高い検知割合を示した。

c) 複数 IC タグ装着による被験者の向き把握実験

複数の IC タグの装着による被験者の向き把握実験では衣服の内側に IC タグを装着した場合と外側に装

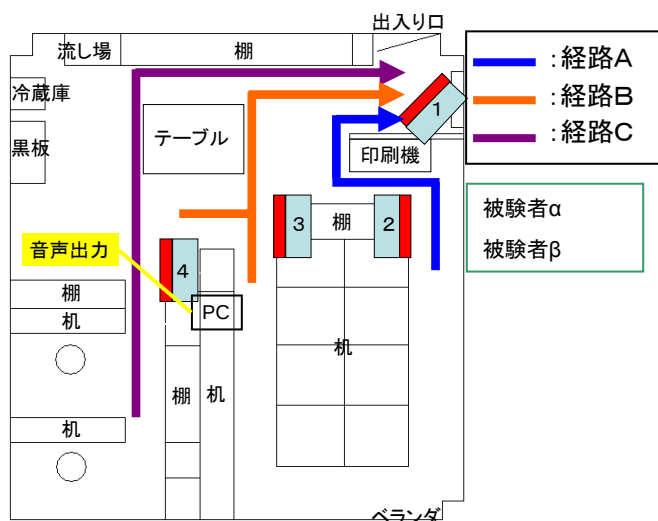


図-19 異常行動検知におけるアンテナ配置

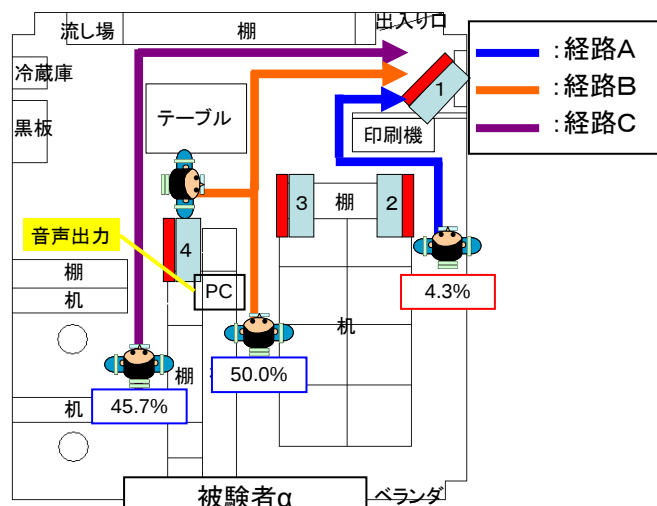


図-20 被験者αの各経路通過割合

着した場合にはほとんど検知割合に差がないことを確認できた。また検知したICタグのIDの組み合わせから被験者の向きが把握できることが実証できた。しかし、検知を行う際、ICタグを装着した衣類を肌の上に直接羽織るとほぼ検知を行うことができなかったため、複数枚の衣類を重ね検知を行った。原因として、人体の水分が電波に干渉したためだと考えられる。

d) 全体の考察

以上より、室内で移動検知を行い高い通過検知割合を保つためには、表-10に示すように体の左右及び前後に一枚ずつ計4枚のICタグの装着が必要である。最適なICタグの設置位置はアンテナの正面もしくはアンテナの中心より上部40cm～50cmが適している。確実に被験者を検知できるアンテナからの距離は120cmであることがわかった。

被験者の屋内の状況に応じてICタグを衣服の内側か外側かで装着が可能であるが、体と密着させてしまうとほとんど検知を行うことができないことがわかった。このことから、衣類にICタグを装着し検知を行う場合、体からICタグを遠ざける工夫が必要であることがわかった。

6. 異常行動の検知と通知への応用

(1) 提案手法

移動検知実験より、移動する被験者を確実に検知するためのICタグの装着枚数、アンテナからの有効範囲、ICタグの装着位置を明らかにした。また、複数ICタグ装着による被験者の向きを把握実験より、検知したICタグの組み合わせから被験者の方向を把握できることを示した。これらの結果を踏まえ、RFIDによる移動検知の応用の一例として、被験者が普段とは異なる移動経路をとった際、被験者にその情報を通知する

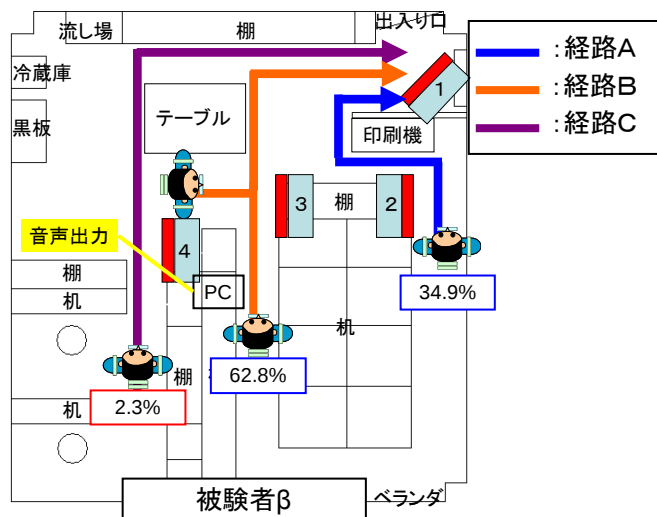


図-21 被験者βの各経路通過割合

表-11 被験者の各移動経路の通過割合

移動経路	経路A	経路B	経路C
被験者α	4.3%	50.0%	45.7%
被験者β	34.9%	62.8%	2.3%

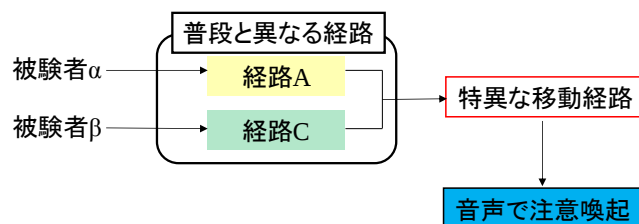


図-22 システム概要

方法を提案する。

(2) 適用方法

図-19に示すように研究室内にアンテナを設置し、今回アンテナ2からアンテナ1を通過したときの経路

を経路A, アンテナ3からアンテナ1を通過したときの経路を経路B, アンテナ4からアンテナ1を通過したときの経路を経路Cとした。被験者 α , 被験者 β が移動検知実験と同様の配置でICタグを5箇所装着し, 普段の行動を記録した。得られたデータを経路毎に検証し, 普段とは異なる経路を選定した。そして実際に被験者に情報や警告音を提供できるかを検証した。本検証では, PCによる音声出力とした。

(3) 適用結果

図-20, 図-21にそれぞれの被験者の各移動経路の通過割合を, 集計結果を表-11に示す。

被験者 α は経路Aを4.3%と, 被験者 β は経路Cを2.3%と通過した割合が小さいことから, 普段と異なる経路であるあることがわかった。本検証では, これら経路を異常行動とし, 図-22に示すようにそれぞれの被験者が普段と異なる経路(異常行動)を通過した際に警告音を出すシステムを構築した。また, お互い同じ経路Cを通ると仮定し, 被験者 α が通る際, 警告音を鳴らさず, 被験者 β が通る際は鳴らすことも可能である。今回は警告音であったが, 音声情報を知らせることが可能であるため, 個人に応じた警告や情報提供が考えられる。

(4) 導入想定案

a) 福祉施設への導入案

このシステムは, 日常の移動経路を集計し, 異常経路を検出することが可能である。ICタグを装着した高齢者が, 危険箇所へ近づいたり, 施設外へ出ようとした場合など, 異常行動として検知し危険を早期に発見することができ, 事故を未然に防ぐことが可能である。

b) 建設分野への導入案

既存研究として示したICタグを用いた入退場管理システムと組み合わせることで, 建設工事の現場で応用できると考える。ゲートを工区ごとに設置することで, 作業員の位置を正確に管理することができる。また, 作業員の情報を持たせることで, 担当外区間や危険区域に入った場合, 音声により指示することが可能である。

7. 結論

(1) 本研究の成果

本研究において以下点を確認することができた。

- ・RFIDの移動検知実験より, ICタグの適切な枚数は前後左右の計4枚, 適切な配置位置はアンテナの正面, もしくはアンテナの上部40~50cmであり, 確実に被験者を認識できるアンテナからの距離は120cmであることがわかった。
- ・複数のICタグを被験者が装着することで, アンテナに検知したタグIDの組み合わせから, 被験者の進

行方向を把握することができた。

- ・被験者の検知データから被験者の普段と異なる経路を異常経路と決定し, 異常経路を通過した際に警告音を出すシステムを構築した。

(2) 今後の課題

本研究では, RFIDを使用し, 被験者の行動軌跡の把握を行った。被験者の行動を把握するためには, 確実な検知割合が求められる。また, 複数のICタグの装着による被験者の向き把握実験において, 被験者がななめ方向を向いた際, アンテナとICタグの向きが平行でなく, 異なるICタグの組み合わせが出現したため若干検知割合が低下した。

本実験にも示す通り, 確実な検知を行うには, 1枚ではなく, 複数枚のICタグを運用することで可能であると考えられる。また, 被験者の向きを把握する場合, ICタグの適切な設置位置に装着する, 複数のアンテナを使用することで判別が可能であると考えられる。

以上を踏まえて, 実際の運用を想定し, アンテナを設置した通路を, 複数のICタグを装着し, 確実に判別を行える設置位置を決定する, さらに転倒した場合など, 普段検知しない状況を想定し実験を行っていく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり, 実験機材の準備及びプログラムの作成など多岐にわたる御指導, 御協力を頂いた(有)テクノフラッシュの車田茂美氏, 菊地典明氏には心より謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)自動認識システム協会: JAI SANOW, Vol.2, pp30-37, 2009
- 2) (株)アイニックス: <http://www.ainix.co.jp/top.html>, (入手2009.9)
- 3) 楓 仁志, 山原 裕之, 藤原 聡子, 野口 豊司, 東 辰輔, 島川 博光, : タグ付けられた世界における個人の行動特性を用いた意図推測, 組込みソフトウェアシンポジウム2005, pp.126-133, 2005年10月
- 4) 小室信喜, 六田智之, 待井一樹, 白石剛大, 上田裕巳, 河西宏之, 坪井利憲: UHF帯RFIDを用いる屋内位置推定における人体の影響を考慮したシミュレーション, 電子情報通信学会研究報告, Vol.108, pp95-100, 2009年
- 5) 小室信喜, 六田智之, 待井一樹, 白石剛大, 上田裕巳, 河西宏之, 坪井利憲: UHF帯RFIDを用いる屋内位置推定の推定精度向上法, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.109, pp.41-46, 2009年6月
- 6) 高田恭弘, 佐田達典: UHF帯RFIDを用いた屋内歩行者の通過検知のための基礎研究, 2008年度土木情報利用技術論文集 Vol.17, pp.91-98, 2008年3月

- 7) 武井正孝, 田口毅, 万代智也, 近藤操可: IC タグを用いた入退場管理システムの開発, 土木情報利用技術講演集 Vol.31, pp53-56, 2006 年
- 8) (株) マトリックス: マラソン自動計測システム
<http://www.matrix-inc.jp/index.html>, (入手 2008.6)
- 9) (株) 三菱電機: UHF 帯 RFID を利用した自転車・歩行者の安全環境整備のための社会実験,
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/device/rfid/movie/pop15.html> (入手 2010.6)
- 10) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: IT を活用した障害者等向け移動支援システムの実証実験,
http://www.expo2005.or.jp/jp/pdf/20050621183511123_1_N1.6.230_01.pdf (入手 2010.4)
- 11) (株) 損保ジャパン: 福祉施設における事故対応ハンドブック, pp2, 2006 年
- 12) HITACHI: 日立評論 12 月号, Vol.90 pp36-37, 2008 年 12 月
- 13) (社) 日本自動認識システム協会: これでわかった RFID, pp36-53, 2007 年

(2010.5.28 受付)