

地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討

報 告 書

平成 23 年 3 月

地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会

■■■ 報告書の利用(コピー、配布等) について ■■■

本報告書の著作権は総務省信越総合通信局に帰属しますが、報告書のコピーや配布については出典を明らかにすることを条件に自由に行うことができます。

ただし、本報告書記載の実験結果等を企業活動に用い、いかなる損害が発生した場合もその責任を負いかねますのでご了承願います。

はじめに

信越地域では、平成 16 年(2004 年)の新潟県中越地震、平成 19 年(2007 年)の新潟県中越沖地震とここ数年で 2 度も大きな地震に見舞われています。また、平成 7 年(1995 年)の阪神・淡路大震災もまだ記憶に新しいところですが、これらの地震では、いずれも大きな被害がありましたが、平日昼間に発生した地震ではありませんでした。

阪神・淡路大震災：平成 7 年(1995 年) 1 月 17 日火曜日早朝に発生

新潟県中越地震：平成 16 年(2004 年)10 月 23 日土曜日夕方に発生

新潟県中越沖地震：平成 19 年(2007 年) 7 月 16 日月曜日(祝日：海の日) 午前に発生

しかし、平成 20 年(2008 年)5 月 12 日中国・四川で発生した四川大地震は、月曜日の昼間に発生したことから、倒壊した学校校舎の下敷きとなり死亡した生徒の数は 2 万人近いとされています。

大規模地震については、同じ信越地域にある長野県でも懸念されています。特に、糸魚川ー静岡構造線が通っている長野県大北地域から諏訪地域にかけては、マグニチュード 8 クラスの地震も想定されています。これまでの地震被害を見ても、マグニチュード 8 クラスの地震が平日昼間に発生した場合には、建物の崩壊による多くの人命被害も想定され、災害状況を早期に把握し対応する情報通信システムの開発により、安心・安全な地域を創造することが求められています。

このような事を背景とし、信越総合通信局は「地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会」を平成 22 年 7 月に設置し、情報通信システムによる安心安全システムの構築についての課題を整理し検証してきました。

RFID については、平成 22 年 5 月に 950MHz 帯中出力型パッシブタグシステムが制度化され、物流の管理把握に有効利用出来ることになりました。本検討会では、この新たな可能性を持つパッシブタグシステムと既存システムの利用により、安心安全を中心としたシステムを想定し、大規模災害が発生したときにどのように RFID を活用して人を助けられるかを考えました。

検討会における大きなテーマは次の 2 つです。

- ・崩壊した建物等の下にいる人をいかに早期に発見できるか
- ・大勢の被災者に対する適切な対応ができるか

崩壊した建物の下にいる人をいかに早期に発見できるかについては、瓦礫の下等にいる人が RF タグを持っていたと想定し、そのタグを瓦礫の上から発見できるかについて、人体の影響、瓦礫等遮蔽物の影響、雪下の影響など、RF タグの読み取りに係る基礎データを実際に取得し、検討してきました。

大勢の被災者に対する適切な対応ができるかについては、トリアージ等をより効率的に行う方法について検討してきました。

本検討会のメンバーは、行政(国、地方、自治体、消防)、メーカー、研究機関(大学)と多様な構成となり、机上の論議だけではなく現場、技術、研究、制度と多岐にわたるテーマを一同に会して議論することができ、ICT(情報通信技術)で安全・安心な街を創ることについての基礎的であるが具体的な情報を検討することが出来ました。その成果をまとめた本報告書が、多くの人々にとって今後の防災・減災システムや体制を考える上で有用なものであることを祈っています。

地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会

座長 不破 泰

目 次

はじめに	
第1章 調査検討の概要	1
1.1 調査検討の背景	1
1.2 調査検討の目的	1
1.3 調査検討の方法等	1
第2章 RFIDの概要及び現状	2
2.1 RFIDとは	2
2.1.1 RFIDの基本構成	2
2.1.2 RFタグの電源方式による分類	2
2.1.3 動作原理による分類	2
2.2 RFIDの特徴	3
2.2.1 利点（パッシブタグシステムとアクティブタグシステム共通）	3
2.2.2 アクティブタグの特徴	4
2.2.3 パッシブタグとアクティブタグとの複合	5
2.3 国内におけるRFIDの利用・開発の現状	5
2.4 国内におけるRFID制度の現状	7
2.5 国内外の標準化の現状	10
第3章 RFIDに関する基礎実験	12
3.1 自由空間における950MHz帯パッシブタグシステムの基礎特性	12
3.1.1 リーダとRFタグを正対して設置した場合の読み取り距離	12
3.1.2 RFタグ読み取り角度と距離の特性	13
3.1.3 人体とRFタグの距離による読み取り距離	14
3.2 障害物を通じた950MHz帯パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの読み取り実験	14
3.2.1 コンクリート板（鉄筋無し）の影響測定	15
3.2.2 コンクリート板（鉄筋有り）の影響測定	16
3.2.3 合板と石膏ボードの影響測定	17
3.2.4 瓦礫の影響測定	19
3.2.5 雪の影響測定	20
3.3 950MHz帯パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの電波干渉実験	21
3.3.1 1mWアクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響	21
3.3.2 高出力のパッシブタグシステムのリーダが1mWアクティブタグに与える影響	22
3.3.3 中出力パッシブタグシステムのハンディリーダが1mWアクティブタグに与える影響	23
第4章 災害対策等に向けたRFIDの社会的ニーズ	24
4.1 信越地域における活断層等の現状及び大規模地震発生時における被害想定	24
4.1.1 長野県内における現状	24
4.1.2 新潟県内における現状	25
4.2 災害対策と救助体制	26
4.2.1 松本市、松本広域消防における例	26

4. 2. 2	塩尻市における例.....	26
4. 3	災害発生時における RFID の利活用	27
4. 3. 1	被災者の搜索活動（位置情報の確認、被災者の早期発見、早期救出）	27
4. 3. 2	傷病者の把握（傷病者情報の収集・提供、トリアージ情報の収集等）	27
4. 3. 3	避難所における避難者の把握（避難者情報の収集、提供）	28
4. 3. 4	被災家屋の調査（位置情報の確認、応急危険度判定と情報収集、活用）	28
4. 4	緊急時における RFID の利活用	28
4. 4. 1	長野県塩尻市の既存システムの有効活用	28
第5章	災害対策等に導入が望まれるシステム	30
5. 1	災害時搜索支援システム.....	30
5. 1. 1	現状における課題と求められる対策	30
5. 1. 2	平常時に RF タグを携行する必然性の考察.....	30
5. 1. 3	平常時のパッシブタグシステム運用例.....	31
5. 1. 4	パッシブタグシステム実験結果の評価と技術的な課題	32
5. 1. 5	パッシブタグシステムの運用上の課題.....	33
5. 1. 6	平常時のデュアルタイプ RF タグの活用.....	34
5. 1. 7	災害発生時及び遭難などによる搜索時等の運用形態.....	35
5. 1. 8	必要とされるシステムの構成	38
5. 2	被災地におけるトリアージデータのリアルタイム通報システム.....	39
5. 2. 1	トリアージの概要.....	39
5. 2. 2	提案システムの概要.....	39
5. 2. 3	地域での実証実験.....	40
5. 2. 4	実証実験の評価	42
5. 2. 5	システムの有効性評価と今後の課題	42
5. 3	大規模災害時における避難者把握システム	43
5. 3. 1	システム導入の背景.....	43
5. 3. 2	システム概要と活用イメージ	43
5. 3. 3	システムの利点	45
5. 3. 4	システムの課題と解決手段.....	45
5. 4	倒壊等危険家屋情報のリアルタイム収集システム	46
5. 4. 1	システム導入の背景.....	46
5. 4. 2	システム概要と活用イメージ	48
5. 4. 3	システムの利点	49
5. 4. 4	システムの課題と解決手段等	50
5. 5	徘徊老人の外出等検知システム.....	51
5. 5. 1	システム導入の背景.....	51
5. 5. 2	システム概要と活用イメージ	51
5. 5. 3	システム構成例	53
5. 5. 4	システムの課題と解決手段.....	54
第6章	まとめ	55
6. 1	今後の課題	55
6. 2	将来の地域・防災クラウドシステムへの発展.....	57
6. 3	今後の普及に向けて.....	58

■■■ 資料編 ■■■	59
■基礎実験の内容と結果（詳細）	61
1. 全体概要	61
1.1. RF タグの読み取りの仕組み	61
1.2. 実施した実験等の概要	61
2. 自由空間における 950MHz 帯パッシブタグシステムの電波伝搬実験	62
2.1. 実験概要と RF タグの読取距離の測定方法	62
2.1.1. 実験項目	62
2.1.2. 測定系全体	62
2.1.3. 実験対象の RF タグ	63
2.1.4. RF タグの支持方法	64
2.1.5. RF タグの読取距離及び認識率の測定方法	64
2.2. リーダのアンテナと RF タグを正対して設置した場合の読取距離	65
2.3. RF タグの垂直及び水平方向の距離を変えた場合の読取距離	68
2.4. リーダのアンテナに対する RF タグの角度を変えた場合の読取距離	70
2.5. RF タグを人体に取り付けた場合 (RF タグと人体との距離による変化を測定)	73
3. 障害物がある場合の 950MHz 帯パッシブタグシステム及び 950MHz 帯アクティブタグシステムの電波伝搬実験	76
3.1. 実験で用いた障害物と設置方法	76
3.2. 障害物がある場合のパッシブタグの読み取り実験	79
3.2.1. コンクリート板 (鉄筋無し) で覆う場合	79
3.2.2. コンクリート板 (鉄筋有り) で覆う場合	81
3.2.3. 合板で覆う場合	82
3.2.4. 石膏ボードで覆う場合	84
3.2.5. 瓦礫で覆う場合	85
3.3. 障害物がある場合のアクティブタグの読み取り実験	87
3.4. 雪で覆った場合のパッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの読み取り実験	88
4. 950MHz 帯パッシブタグシステム及び 950MHz 帯アクティブタグシステムの距離と周波数による電波干渉実験	92
4.1. 干渉実験の条件	92
4.2. 1mW アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響	92
4.3. 高出力のパッシブタグシステムのリーダーが 1mW アクティブタグに与える影響	94
4.4. 中出力パッシブタグシステムのハンディリーダーが 1mW アクティブタグに与える影響	95
(参考) 人体に RF タグを装着した場合の読み取り状況 (俯せ状態、正面以外)	97
■950MHz 帯 RFID を使用するには	100
■950MHz 帯パッシブタグシステムの登録手続き	101
■950MHz 帯 RFID を巡る動き	103
■地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会 設置要綱	104
■地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会 構成委員	105
■調査検討の経過報告	106
■実験で使用した機器等	107

第 1 章 調査検討の概要

1. 1 調査検討の背景

新潟県内においては、平成 16 年(2004 年)に新潟県中越地震、平成 19 年(2007 年)に新潟県中越沖地震が相次いで発生し多大な被害が発生した。長野県内においては、南信地域が東海地震対策強化地域に指定されるとともに、糸魚川ー静岡構造線をはじめとする活断層が存在し、大規模地震への備えが求められている。

国内の他地域も常に地震等自然災害による大規模被災が懸念されており、住民の安心安全の確保に向けた取り組みが重要となっている。大規模災害が発生した際には、被災者の安否確認や建築物の被害状況等を迅速に行うことが必要であり、これら被災情報等を正確に収集するための情報通信システムの構築が求められている。

RFID (電波を利用した電子タグシステム) については、様々な周波数帯を用いて物流等製品管理や入退室管理といった幅広い利用分野で使用されている。平成 22 年(2010 年)5 月、中出力型パッシブタグシステムが新たに制度化され、搬入移動中の製品等に取り付けられたタグ情報を、ハンディ型リーダー(読取器)で距離 1m~2m でも一括して読み取れるなど、物品管理の効率化が図られることになった。

今後は運輸、入庫管理、集配・回収業務、搬送物置き場の作業、設備、機器等の保守点検等のほか、RFID の利点や機動性を活かした安心安全分野への新たな利活用が期待されているところである。

1. 2 調査検討の目的

上記のような状況から、RFID の現状把握と安心安全システムとしての今後の利活用方策や課題の整理を行い、今後も注意が必要な地震災害時等を想定したシステムの実用化に向けた基礎実験による検証をもとに、地域における安心安全のための RFID の利活用を促進するとともに、新たに導入された 950MHz 帯中出力型パッシブタグシステムの早期の普及促進を図る。

1. 3 調査検討の方法等

① 調査検討会を設置

「地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会」を設置。

② 調査検討の期間

平成 22 年 7 月~平成 23 年 3 月

③ 調査検討項目

調査検討会において、以下の事項について調査検討した。

- ・ RFID の現状
- ・ 地域における安心安全のための RFID の利活用の検討及び課題の整理
- ・ 地域における安心安全のための RFID の高度化利用の検討
- ・ その他、調査検討の目的達成のために必要な事項

第 2 章 RFID の概要及び現状

2. 1 RFID とは

RFID (Radio Frequency IDentification : 無線による個体識別技術) は、日本工業規格 (JIS) において「誘導電磁界または電磁波 (電波) によって非接触で半導体メモリのデータを読み出し、書き込みのために近距離通信を行うものの総称」と定義されており、「タグ」、「リーダライタ」、「アンテナ」で構成されている。

タグは、「RFID タグ」、「電子タグ」、「無線タグ」などとも呼ばれ、無線通信機能を有する IC チップにより物などを自動識別し管理する仕組みであり、主に物流管理に用いられている。

本書では「電波を利用した電子タグシステム」を「RFID」と、タグを「RFタグ」と記す。

2. 1. 1 RFID の基本構成

・RF タグ

無線通信機能内蔵 IC チップ+アンテナで構成され、小型のパッケージ内に一体化されている。管理される商品等に貼り付けての使用を前提としているため、小型、軽量のものが主である。

・リーダ (読取器) / ライタ (書込器)

RF タグへのデータの読み込みや書き込みを無線通信により行い、自動識別管理するための親機。アンテナは、ハンディタイプでは親機本体内に内蔵。据置タイプでは親機と別 (外付け) となる。本書では「リーダライタ」と記す。

2. 1. 2 RF タグの電源方式による分類

RF タグ自身の動作に必要な電源としての内蔵電池の有無により、次の 3 方式に分類できる。

① パッシブタグ

- ・電池を内蔵していない。
- ・リーダライタから RF タグへ電波による問いかけがあった場合のみ、その電波を電源とし RF タグからリーダライタへ電波を発射し応答。
(電波を自発的に発射しない。通信距離はアクティブタグに比べ大幅に短い。)

② アクティブタグ

- ・電池を内蔵し、電波を自発的に発射。

③ セミパッシブタグ (「セミアクティブタグ」と呼称する場合もある。)

- ・アクティブ方式とパッシブ方式とを複合化させた方法。
電池を内蔵したパッシブタグで、パッシブタグとアクティブタグの両特徴を備えている。パッシブタグで起動され通信に電池を使用するタイプと、電池はセンサー類の動作に使用し通信には使用しないタイプがある。

2. 1. 3 動作原理による分類

① 誘導電磁界 (電磁誘導) 方式

磁界の発生により電流が起こる現象“電磁誘導”を利用する「磁界」を用いた通信である。リーダライタのコイルに電流を流すと磁界が発生し、その磁界によって RF タグ

が持つコイル状のアンテナに電流が発生する。この電流によって RF タグが起動される。

② 電磁波（電波）方式

リーダライタがアンテナで発生させる電磁波（電波）を RF タグのアンテナが受け取り、アンテナ内の共振により、リーダライタと RF タグがデータをやり取りする。

2. 2 RFID の特徴

2. 2. 1 利点（パッシブタグシステムとアクティブタグシステム共通）

RF タグには固有の ID（識別番号）が書き込まれており、複数の RF タグを 1 台のリーダライタにより読み取る場合でも混信が生ずることなく各 RF タグを識別できる。パッシブタグシステムとアクティブタグシステムは、ともに次のような利点を有している。

① 複数一括読み取り

荷物の外箱には、通常その内容物を表示したり出荷先を表示したりするラベルが貼られており、作業のたびに一箱一箱確認することになる。このラベルが RF タグになると、例えばフォークリフトで運ぶパレットの上に数十、数百の商品を一度に載せた状態で、ゲート型のリーダを通過させたり、リーダをかざすだけで、個々の情報を一気に読み取ることができる。このため、入出荷管理や棚卸しなどの効率化が図られる。

② 被覆読み取り

箱の中に詰められた荷物の情報を知るためには、開梱して中身を取り出してみなければならぬが、それぞれの品に RF タグがついていれば箱の外から情報を読み取ることができる。梱包されたまま入出荷管理や棚卸しができるメリットが評価されている。また封筒に封入した内容物なども同様に読み取り可能なため、機密文書管理にも活用が期待される。

③ 情報の追記、書き換え

物の情報は、生産工程、流通過程などで刻々と変化していく。物の状態がタイムリーに追記・書き換えされていく RF タグを読み取ることで、その物が今どこにあるのか、どんな状態なのか、間違いなくその物なのかといった今まで見えてこなかった物の流れの状態を正確に把握できる。情報の追記・書き換えは、RF タグの最大の特徴でもある。

④ 読み取り距離

読み取り距離は運用状況や RF タグの特性などで様々ではあるが、電池を持たないパッシブタグシステムの場合は周波数帯とリーダの出力にもよるが、UHF（950MHz 帯）では最大 4～5m 程度の読取距離の範囲で運用されるので、工場等でリーダライタを複数台使用する場合でも混信を起こさずに同一周波数帯の利用が実現できる。

⑤ 移動体自動読み取り

例えば、ベルトコンベア、パレットの上にある荷物を移動させながら情報を読み取ることが可能である。RF タグを付けた荷物の出庫業務の最終工程で荷崩れ防止の

ために荷物一式を回転台に載せストレッチフィルムを巻きつける際に、そこにリーダライタを設置すると動いている荷物の出庫・出荷情報を自動で読み書きすることができる。さらにいえば、パレットの移動であれ、ストレッチフィルムであれ、一連の出荷作業に特別な負荷をかけずに、情報管理が可能となるのである。

⑥ 耐環境性

生産工程や流通過程で物の流れにおいて、RFタグ内のICチップには何度となく情報の書き換えや追記がなされていく。

この情報の書き込みは、RFタグ表面の汚れの有無に無関係のため、生産工程における繰り返し使用が可能であり、経年変化に強く汚れにも耐性がある。

2. 2. 2 アクティブタグの特徴

2. 1. 2の「RFタグの電源方式による分類」に記載のとおり、アクティブタグは電池（電源）を有しており、電源を有していないパッシブタグと比べ、通信距離、伝送可能な情報容量などに著しい特徴を有する。

① 長所

・通信距離が長い

電池（電源）を搭載しているためパッシブタグシステムと比較して通信距離が長く、RFタグの形状や経路が見通しであるなど条件によっては1km以上の通信が実現可能である。また、アナログ周辺回路や記録回路を付加することにより、温度、湿度、圧力、加速度等各種センサによる定期的な測定、記録等が可能となる他、温度や湿度等の異常を検出して自発的に通信を開始する事も可能である。

・伝送できる情報容量が大きい

比較的早いスピードで無線通信が可能（100kbps程度）であるため、単位時間に伝送できる情報容量が大きい。小容量のデータであれば数ミリ秒で通信が完了し、低消費電力化が可能である。

・位置管理が可能

アクティブタグはパッシブタグに比べ送信出力が大きいいため、リーダライタにおける受信信号強度(RSSI)が強い。この受信信号強度を分析して位置の把握が可能であり、位置管理、動線管理などに利用できる。

② 短所

・電力消費が大きい（電池交換が必要）

電池寿命を考慮し定期的に電池交換を行う必要がある。なお、電池の消費電力を抑え電池寿命を長くするために、通常は間欠受信状態とし、送信器側からの呼び出しに対して通信を開始する方式が用いられている。

・小型化、薄型が難しい

電源が必要なため、パッシブタグと比較して小型化、薄型が難しいが、近年は厚さ1mm程度の電池も実用化されているため、カードサイズ程度の薄さであれば実現は可能である。

2. 2. 3 パッシブタグとアクティブタグとの複合

前述のとおり、アクティブタグの通信距離と電力消費との関係は相反している。

通信距離を拡大し電源の電力消費を抑制するため、アクティブ方式とパッシブ方式とを複合化させた方法（受信：パッシブ、送信：アクティブ）も実用化されている。

- ・ RF タグ側の受信時…パッシブ方式
 (RF タグの起動を、リーダライタから発射される電波を受信しその電波エネルギー供給で行うため、RF タグ側は全く電池を消費せず、常時受信と同じ効果が得られる。)
- ・ RF タグ側の送信時…アクティブ方式
 (電池の電源により動作)

2. 3 国内における RFID の利用・開発の現状

- ・ RFID は、製品の生産管理や出荷・在庫管理などを効率化する自動認識技術として普及してきたが、現在では企業内の工場などでの利用から、企業間で連携した生産や物流などのサプライチェーン・マネジメント* (supply chain management : 供給連鎖管理) やトレーサビリティといった用途を中心に利用が広がりつつある。
- ・ RFID の活用は平成 13 年(2001 年)ごろから注目されて、当初は、文書管理、図書館管理、セキュリティなどといった非常に限定された領域と規模での実証実験的なシステム導入が中心で、周波数としては 13.56MHz 帯用や 2.45GHz 帯用の近接型の RF タグが使われた。
 しかし、昨今は製造業などでは生産革新・技術蓄積のために社内利用を中心に本格的な導入がはじまり、国内でもアパレル製品の販売店舗などすでに UHF (極超短波) 帯 RFID の活用も始まっている。これから数年のうちには、サプライチェーン全体、製品ライフサイクル (Product life cycle) 全般への活用が拡大すると見られ、店頭に並ぶ個別商品の管理から商品のメンテナンスやリサイクル、リユースまで利用が広がると考えられている。
- ・ RFID 活用のメリットは、物の情報と物が置かれている状態の両方をリアルタイムに把握できることである。リアルタイムデータの把握と連携によって、全社的なサプライチェーン改革や強化が実現でき、品質の向上はもちろん、昨今の企業課題として重要なコンプライアンス対応、リサイクルなど環境への貢献、そして生産・流通のグローバル展開への対応が容易になる。
 サプライチェーンの強化を図るためには、生産管理・調達・意思決定に繋げる「リアルタイム・マネジメント」、工程管理・履歴管理において情報をライフサイクルの視点で最適化する「ライフサイクル・マネジメント」、そして多岐にわたるリスクへの対応に不可欠な「リスク・マネジメント」の 3つの視点が重要となる。

※ 取引先との間の受発注、資材の調達から在庫管理、製品の配送まで、いわば事業活動の川上から川下までをコンピュータを使って総合的に管理すること。

- RFID を利用することで、これら 3 つのマネジメントに必要な生きた情報をリアルタイムに、かつ自動的に収集できるので、企業の潜在的な課題を『見える化』し、サプライチェーンの最適化を推進するのに重要なテクノロジーの一つであるといえる。
サプライチェーンの中で、RFID の活用を整理してみる。

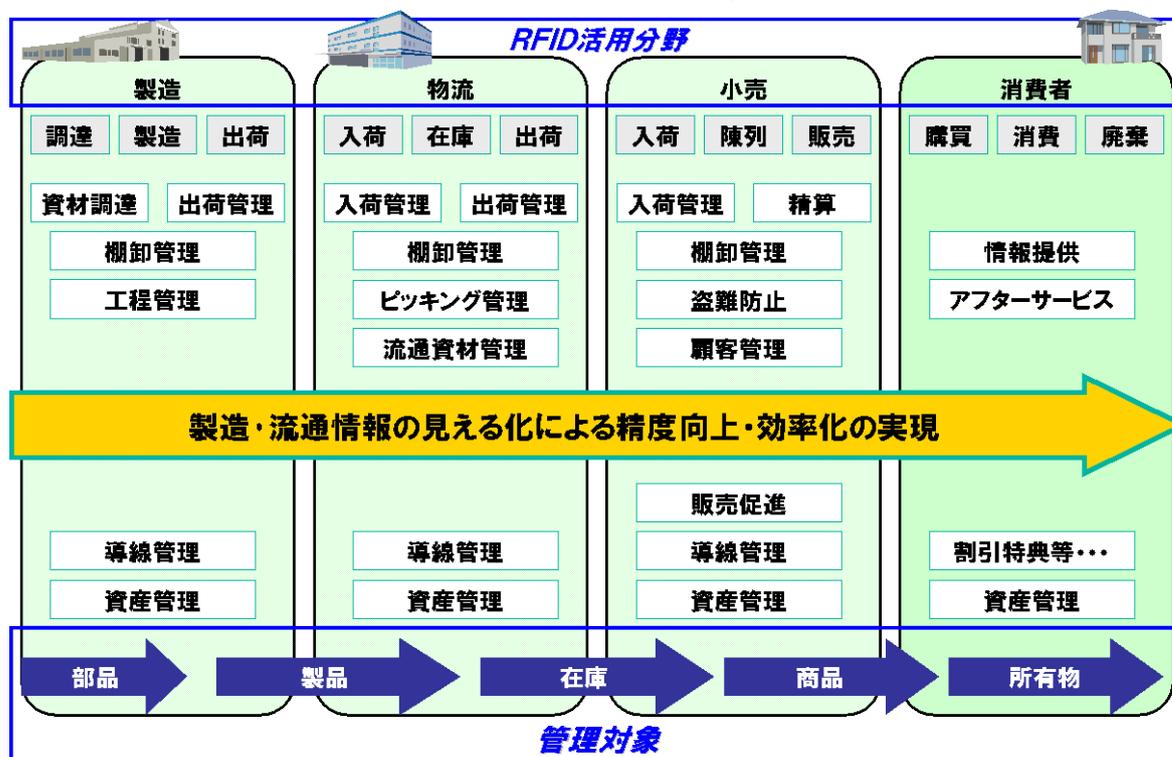


図2-1 サプライチェーン内のRFID活用分野

図 2-1 のような RFID の利用を推進するサービス、アプリケーションの登場や拡大により、RFID の低価格化や標準機器の整備などが進むことで、より一層広く RFID の活用用途が広まることが期待されている。

- 各種サービス、アプリケーションに使用されるハードウェアの開発も順次進められている。

他の周波数帯に対し先行して標準化が進んできた 13.56MHz 帯は、据え置き型リーダーライター、ハンディ型リーダーライター、プリンタなど各種リーダーライター機器とさまざまな RF タグが利用可能である。

RF タグについては、耐環境性に優れ、さまざまな現場で利用できるよう工夫されたものや、1 枚のカードで施設への入退場からセキュリティ機器へのアクセスまで一貫した運用管理を実現する、UHF 帯と HF 帯のどちらの周波数でもリード/ライトを可能にしたカードタグなど様々なものが開発されている。

アクティブタグでは、自動車用キーフリーシステムに代表される、LF (長波) 帯と UHF (極超短波) 帯を 1 筐体中に利用した RF タグも一般化されてきており、同様に LF 帯で検知した情報を UHF 帯で認証するアクティブシステムもマラソンの計測時などに利用されている。

LF 帯については、昨年 IEEE1902.1 の国際規格が承認され、アクティブ方式で通信速度は比較的遅いが、リーダライタから数m、金属ケース内や水中でも送受信可能で、コイン型電池で数年間稼働する RF タグが実用化されている。

- 平成 17 年(2005 年)に国際標準化団体 EPCglobal (Electronic Product Code global) において C1Gen2 として標準化された UHF 帯のエアプロトコル規格に準拠したパッシブタグシステムのリーダライタは、国内の電波法の整備に追従して順次開発が進められており、平成 22 年(2010 年)5 月の省令改正に対応した 950MHz 帯中出力のハンディ型リーダライタもすでに商品化されている。

また、HF 帯の RFID リーダライタを搭載した携帯電話が利用されてきたが、平成 22 年(2010 年)7 月には、携帯電話に超小型・低消費電力の UHF 帯 RFID リーダライタを搭載したユビキタス端末技術が共同開発*された。

さらに、平成 23 年(2011 年)1 月には、3 周波数帯 (13.56MHz、UHF (950MHz)、2.45GHz) 対応 RFID 機能を搭載した携帯電話端末も開発され、商品等に付けられた RF タグに携帯電話を「かざす」だけで、利用者が様々なアプリケーションサービスを簡単かつ安心・安全に受けられるモバイルクラウドサービスの実現や拡大に期待が持たれている。

2. 4 国内における RFID 制度の現状

RFID は、誘導電磁界又は電磁波(電波)を用いて通信がなされるので、日本国内では電波法の適用を受けるが、ユーザーの利便性を図るため電波法に基づく免許申請が不要な免許不要局の制度も設けられている。

周波数は、周波数帯により伝搬特性に相違があるため、RFID の利用目的に応じて最適な周波数帯が使用されている。

① LF (Low Frequency、長波) 帯

LF 帯 (30~300kHz) では、周波数 135kHz を利用する電磁誘導方式のパッシブシステムがあり、電波法で高周波利用設備(誘導式通信設備)に適用される。

誘導式通信設備は、線路から $\lambda / (2\pi)$ 離れた地点において電界強度 $15 \mu\text{V/m}$ ($23.5\text{dB} \mu\text{V/m}$) を超える場合、設置者から許可申請が必要である。

※電界強度…電波の強さを示す技術用語 $0\text{dB} \mu\text{V/m} = 1\mu\text{V/m}$
 Hz(ヘルツ)…周波数の単位、 λ (ラムダ)…波長 [m] を示す。

② HF (High Frequency、短波) 帯

HF 帯 (3~30MHz) では、13.56MHz を利用した電磁誘導方式のパッシブタグシステムについて、電波法において平成 10 年(1998 年)にワイヤレスカードシステムの無線局として制度化されたが、平成 14 年(2002 年)には制度改正がなされ、無線局では

※この開発は、国民生活に密着した課題を早期に解決するため、平成 20 年度(2008 年度)から総務省が進めている委託研究「ユビキタス端末技術の研究開発」プロジェクトで、RFID リーダライタ内蔵の携帯電話等の端末技術の研究開発に取り組んだ成果である。

なく高周波利用設備（誘導式読み書き通信設備）として取り扱うための制度改正が行われた。

「誘導式読み書き通信設備は、製造メーカからの申請に基づき、その通信設備の型式について総務大臣の指定を受けたもの若しくは通信設備から 3m の距離において電界強度 $500 \mu \text{V/m}$ ($54 \text{dB} \mu \text{V/m}$) 以下のものについては設置の許可を要しないこととされている。

③ UHF 帯 (Ultra High Frequency、極超短波)

UHF 帯 (300MHz~3GHz) では、433MHz 帯アクティブタグシステム、950MHz 帯パッシブタグシステム・950MHz アクティブタグシステムが電波法で制度化されている。

それぞれの制度の現状等は以下のとおりである。

- 433MHz 帯アクティブタグシステム
平成 18 年(2006 年)に国際輸送用データ伝送用の特定小電力無線局として免許不要の制度化がされている。
利用用途は国際物流用に限られる。

- 950MHz 帯パッシブタグシステム・アクティブタグシステム

図 2-2 に示すとおり、950MHz 帯パッシブタグシステムのうち、高出力型パッシブタグシステム (空中線電力 1W、空中線利得 6dB 以下) について、平成 17 年(2005 年)4 月に制度化された。

この高出力型パッシブタグシステムは、無線局免許を要する構内無線局として暫定制度化され、平成 18 年(2006 年)1 月には同規模の出力において無線局登録制 (構内無線局) の導入がされ、以降、利用者の申請に基づく免許を要する無線局と登録して利用できる無線局が並立している。

低出力型 (空中線電力 10mW 以下) パッシブタグシステムについては、高出力型パッシブタグシステムの登録制導入と同時期 (平成 18 年 1 月) に、技術基準に適合した設備であれば免許不要とする制度化がされた。

高出力型パッシブタグシステムは比較的長距離の通信は確保されるが構内利用に限定され、低出力型パッシブタグシステムは屋外でも利用が可能であるが通信距離 10cm 程度であることから、平成 22 年(2010 年)5 月には、それらの中間である新たなニーズを受けて中出力型パッシブタグシステム (空中線電力 250mW、空中線利得 3dB 以下) が簡易無線局として無線局登録し屋外利用も可能とする制度が制定された。

また、この平成 22 年(2010 年)5 月の制度整備にあたり、同周波数帯アクティブタグを含む利用周波数・チャンネルの拡大、無線設備の筐体に関する規制の緩和 (空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと等) が制度化されている。

平成 22 年(2010 年)5 月までの 950MHz 帯 RFID の技術基準等の策定の経緯を併せて図 2-2 に示す。

なお、周波数利用に際しては、社団法人電波産業会 (ARIB) が無線機器の標準規格である ARIB-STD においてチャンネルプランを定めている。

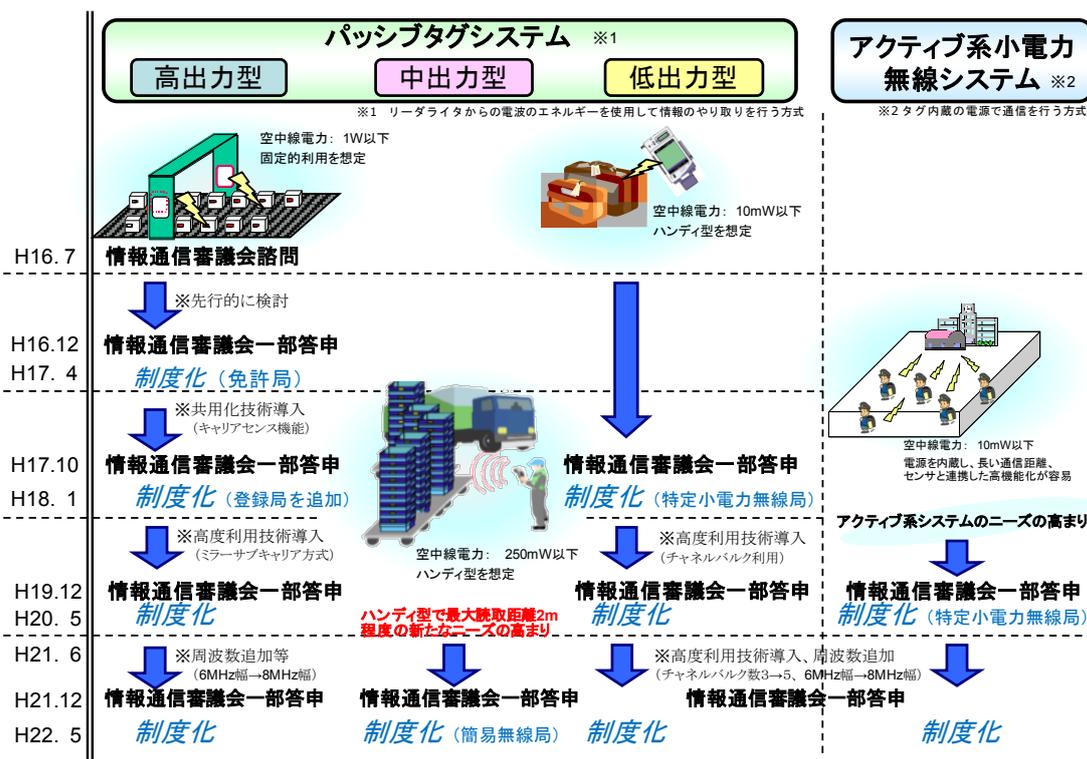


図 2-2 950MHz 帯 RF タグシステムの制度化の経緯

上記以外に、アクティブタグシステムと同様のシステムとして、以下の周波数帯の無線局が技術基準適合証明による免許不要無線局として制度化されている。

- ・ 315MHz 帯アクティブシステム (特定小電力無線局)
- ・ 426/429MHz 帯アクティブシステム (特定小電力無線局)

④ 2.4GHz 帯パッシブタグシステム※

昭和 61 年(1986 年)に免許を要する構内無線局 (移動体識別用) が、平成 4 年(1992 年)に免許不要の特定小電力無線局 (移動体識別用) が制度化されている。

また、これら以外に、アクティブタグシステムと同様のシステムとして、2.4GHz 帯アクティブシステム (小電力データ通信システムの無線局) が、技術基準適合証明による免許不要無線局として制度化されている。

※2. 4GHz 帯は、電波法令上は UHF 帯に属するが、本報告書では個別の周波数帯として記載している。

表 2-1 周波数帯別 RFID の概要

周波数帯	135kHz	13.56MHz	433MHz	950MHz	2.45GHz
最大通信距離	～30cm ※1	～60cm	～数 100m	～10m、 ～数 100m※2	～1m
制度化	昭和 25 年	平成 10 年	平成 18 年	平成 17 年	昭和 61 年
主な用途	スキーゲート、食堂清算等	交通系、行政カードシステム等	国際物流関係	物流管理、物品管理等	物流管理、物品管理等

※1 アクティブ型で数mの通信が可能なRFタグも開発されている。

※2 システムや条件によっては1km以上。

2. 5 国内外の標準化の現状

・パッシブタグシステムの標準化等の現状

RFID の可能性を拡大しているもう一つの重要な動きは、国際的な技術の標準化が進んでいることである。平成 15 年(2003 年)には、RFID の国際標準化団体である EPCglobal が設立され、RF タグに格納されている商品識別コード(EPC:Electronic Product Code) や、グローバルで利用するため UHF 帯の無線通信インターフェース(C1Gen2)の標準規格を策定している。

EPCglobal の規格は、国際的な標準規格である ISO/IEC 化の作業も進められており、前述の C1Gen2 は ISO/IEC18000-6C として規格化されている。

こうした標準化の活動により国際標準に準拠した製品が市場に多く投入され、グローバルにサプライチェーン・マネジメントを推進しようとする企業を大きく後押ししている。すでに複数国にわたる国際物流実証実験などが多く行われており、本格的な導入の準備は整ったと考えられる。

・アクティブシステム（スマートユーティリティネットワーク（SUN））の標準化等の現状

電気・ガス・水道の各種メータに 950MHz 帯テレメータ用周波数の利用が検討されている。各種メータが取得した情報をメッシュネットワークと、広域ネットワークを利用して収集するとともに、収集した結果をもとに、データの整理及び、各種メータのコントロールをネットワーク側から行うことが可能となる。

スマートユーティリティネットワークデバイスは、単三乾電池 2 個で 10 年間動作するロングライフ設計を掲げている。

スマートユーティリティネットワーク対応無線デバイスの物理層については、IEEE802.15.4gにて標準化が進んでいる。

電気・ガス・水道の各種メータに950MHz帯テレメータ用周波数の利用が検討されている。各種メータが取得した情報をメッシュネットワークと、広域ネットワークを利用して収集するとともに、収集した結果をもとに、データの整理及び、各種メータのコントロールをネットワーク側から行うことが可能となる。

スマートユーティリティネットワーク対応無線デバイスの物理層については、IEEE802.15.4gにて標準化が進んでおり、世界各国で無線による自動検針への取り組みが活発になってきている。

IEEE802.15.4gで行われているスマートユーティリティネットワークの標準化はそれらを実現する通信規格のひとつとして注目されている。国内においては、950MHz帯アクティブタグの利用周波数及び、標準規格がそれに近い規格となっている。

第3章 RFIDに関する基礎実験

950MHz 帯パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの電波伝搬特性を踏まえ、災害が発生した際に要救助者が所持する RF タグの検知について、予想される障害物を策定し基礎的な特性を把握する実験を実施した。

実験では、パッシブタグシステムのリーダ^{※1}・アンテナとタグ間に障害物がない自由空間における基礎特性及び建物等の瓦礫や建物の壁(コンクリート、合板、石膏ボード等)を想定した障害物や雪を通したパッシブタグシステムとアクティブタグシステムの読み取り評価を行った。

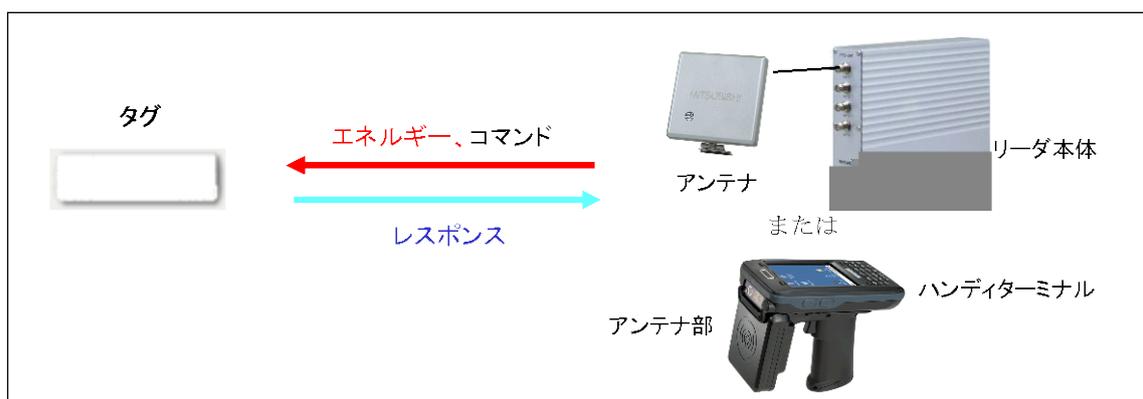
また、パッシブタグシステムとアクティブタグシステムを近傍で使用する際の相互の影響を調べた。

本章は、実験内容及び結果の概要を記載する。詳細については資料編を参照されたい。

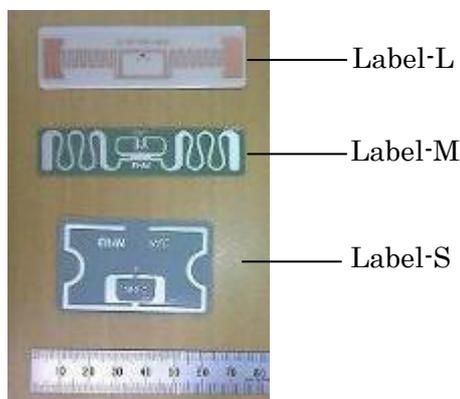
3. 1 自由空間における 950MHz 帯パッシブタグシステムの基礎特性

3. 1. 1 リーダと RF タグを正対して設置した場合の読み取り距離

950MHz 帯パッシブシステムにおいて、国内規格の高出力及び中出力相当のリーダによりリーダと RF タグを正対して設置した場合の読み取り距離を把握した。



インレットタイプ^{※2}の RF タグ



金属対応タイプ^{※3}の RF タグ

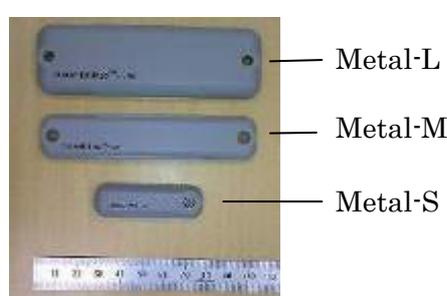


図 3-1 実験のイメージと使用した RF タグ

※1 第3章においてはライタ機能を使用していないので、「リーダ」と記す。

※2 紙ラベルにインレットを貼り付けた簡易な構造の RF タグ

※3 金属面に貼り付けて用いても一定の読み取り性能を発揮するよう設計された RF タグ

RF タグ種別ごとの正対読み取り距離は図 3-2 のとおりである。

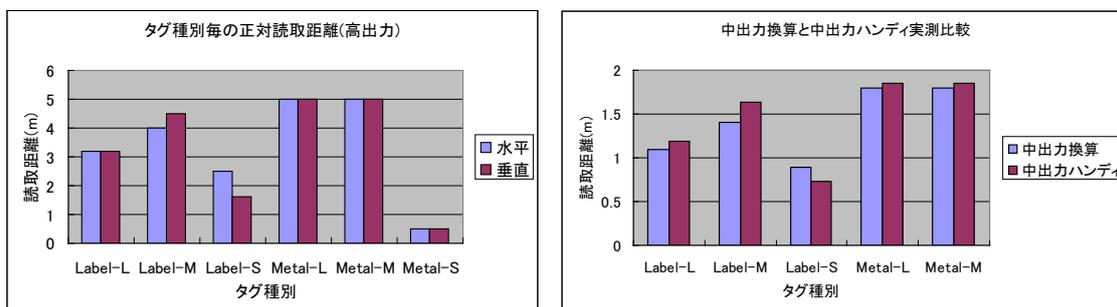


図 3-2 タグ種別毎の正対読取距離

3. 1. 2 RF タグ読み取り角度と距離の特性

図 3-3 に示すようにアンテナ角を変化させリーダーの RF タグに対する読み取り角度と距離の影響を測定した。回転台の上にアンテナを垂直または水平に固定し、回転台を Y 軸中心に回転させて読取距離及び認識率を測定した。

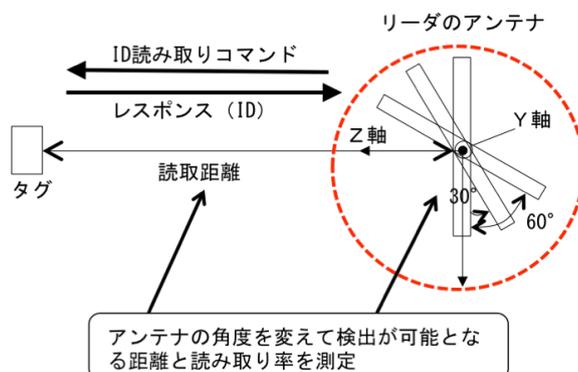


図 3-3 RF タグに対しリーダーアンテナの角度を 30° 単位で回転させ測定

リーダーアンテナの角度は 30° 単位で回転させた。表 3-1 がその結果を示している。同表では、Label-L タグを 1W 高出力リーダーにて読み取る場合、左右 30° のアンテナ角では読み取り可能距離が 2.5m であり、認識率が 90% (表 3-1 における 9/10 の意味は、読み取りを 10 回試行し実際に成功したのが 9 回)であることを示している。水平方向と垂直方向とは RF タグをリーダーに正対させた状態で 90° 回転させたものである。

この実験の結果、アンテナの角度 30° では 0° の場合より若干読み取り距離が少なくなる程度であったが、アンテナの角度を 60° にすると読み取り距離は 1/3 程度となった。読

表 3-1: RF タグに対しリーダーアンテナの角度を変化させた実験の測定結果

タグ種別	アンテナ向き	項目	読取距離(m)				
			左60°	左30°	正面	右30°	右60°
Label-L	水平方向	1W	1	2.5	3.2	2.5	1
		250mW	0.35	0.89	1.1	0.89	0.35
		認識率	8/10	9/10	9/10	9/10	9/10
	垂直方向	1W	1.3	2.5	3.2	-	-
		250mW	0.45	0.89	1.1	-	-
		認識率	6/10	9/10	9/10	-	-
Label-M	水平方向	1W	1.3	3.2	4	-	-
		250mW	0.45	1.1	1.4	-	-
		認識率	7/10	10/10	10/10	-	-
	垂直方向	1W	1.3	3.6	4.5	-	-
		250mW	0.45	1.3	1.6	-	-
		認識率	8/10	9/10	9/10	-	-
Label-S	水平方向	1W	0.6	1.6	2.5	-	-
		250mW	0.21	0.56	0.89	-	-
		認識率	5/10	7/10	9/10	-	-
	垂直方向	1W	0.6	1.6	1.6	-	-
		250mW	0.21	0.56	0.56	-	-
		認識率	6/10	9/10	8/10	-	-

み取り機側のアンテナを固定する方向は垂直方向や水平方向で変えても読み取り性能には差がない。

3. 1. 3 人体と RF タグの距離による読み取り距離

要救助者が所持する 950MHz 帯 RF タグを読み取るために、図 3-4 に示すように、要救助者自身の影響がどのように現れるのかを人体からの距離と位置を変えながら測定した。

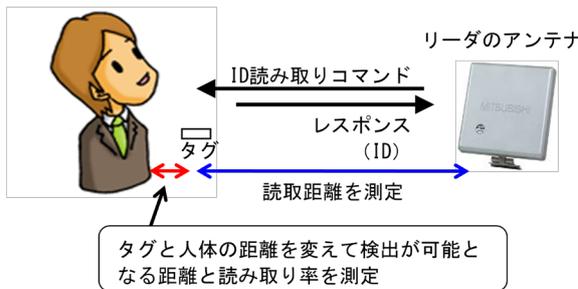


図 3-5 はその結果で、横軸は RF タグと人体との距離、縦軸はリーダによる読み取りが可能な最大距離であり、Metal-L タグでは人体近くであっても読み取り可能距離にあまり変化がないが、その他の RF タグは人体につけたままでは読み取りが困難である。

図 3-4 人体と RF タグ間距離を変え読み取り距離を測定

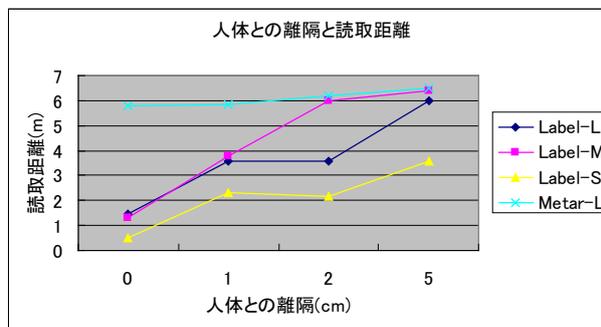


図 3-5 人体と RF タグ間距離を変化させた場合の測定結果

今回の実験では RF タグは人体から離せば離すほど読取距離が長くなった。読取率は、人体の立ち位置により 0%と 100%の変化が急峻であり、読み取れた場合はいずれも 100%であった。また、RF タグとリーダの間に人体があった場合は、屋外環境で、高出力型で 1m 離れて読み取りが可能であった。

3. 2 障害物を通した 950MHz 帯パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの読み取り実験

パッシブタグシステムにおいては、図 3-6 に示すように、RF タグを所持する場合、人体そのものが障害物となり得ること、実際の現場でリーダを利用して検知する場合、RF タグの位置が未知であるため、必ずしも RF タグの真上や正面を捉えて検知

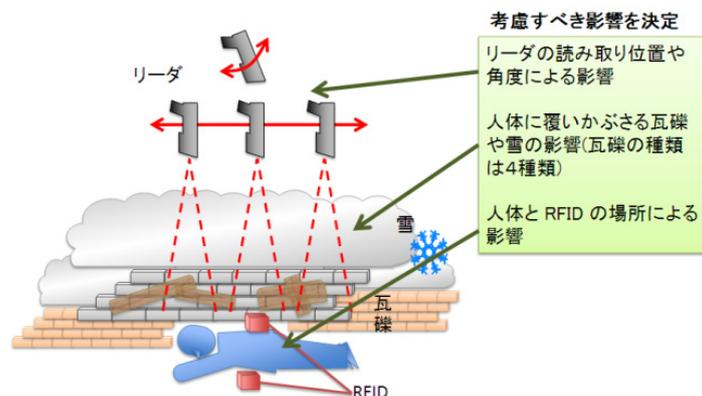


図 3-6 要救助者の検知を妨げる障害物

できる訳ではないことを考慮しなければならない。このようなことを踏まえ、要救助者を発見するために想定した障害物としてコンクリート（鉄筋の有無）、合板、石膏ボード、瓦礫及び雪を想定した。この想定に基づき、基礎的特性を調査する測定実験を実施した。

また、アクティブタグシステムにおいては、RF タグである送信機をコンクリート、瓦礫、雪下に配置し、受信装置までの読み取り距離を測定した。

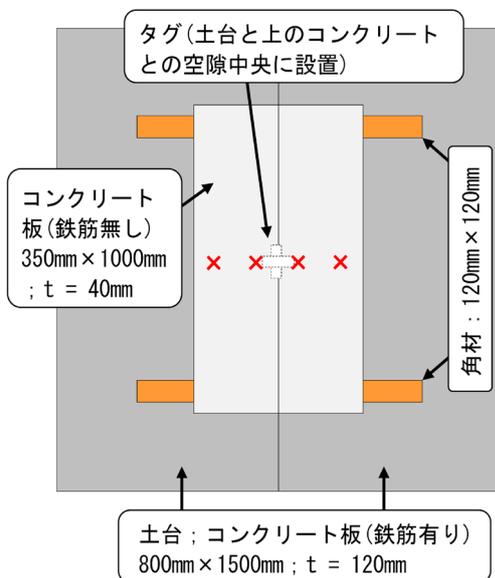


図 3-7 支柱の先端に取り付けたアクティブタグシステムの受信機(左)及び送信機(右)

3. 2. 1 コンクリート板(鉄筋無し)の影響測定

コンクリート板（鉄筋無し）の影響を測定するために、図 3-8 に示すように、土台となる鉄筋入りコンクリート台に角材を乗せ、さらにその上からコンクリート板(鉄筋無し)を 5 枚積み重ね読み取りを試した。RF タグは土台とコンクリート板(鉄筋無し)との空隙に設置した。パッシブタグで、最も読み取りが弱い Metal-S タグを 250mW 中出力リーダで読み取りが可能となるまで 1 枚ずつ枚数を減らし読み取りを試した。

図 3-8 におけるコンクリート板(鉄筋無し)の下に配置された RF タグをリーダから読み取る際に、直上から読み取るのではなく直上から



100mm, 250mm 外した位置(図 3-8 における×の位置)からの読み取りを行った。また、リーダとコンクリート板(鉄筋無し)との距離は 50mm である。さらに測定は RF タグの向きを水平方向と垂直方向に変更し測定を実施した。この実験の測定結果は表 3-2 のとおりとなる。

同表では図 3-8 における×の位置 4 カ所に対応した測定点において、RF タグが読み取り可能な場合は「○」、読み取れなかった場合は「×」を付記しており、「-」の箇所は測定していない。コンクリート板を 5 枚設置した場合、垂直方向に設置した Metal-S タグは 250mW と 1W のリーダでは読み取れなかったことを意味している。

図 3-8 RF タグの上にコンクリート板(鉄筋無し)を 1~5 枚積み重ね測定

表 3-2 より検知においてはリーダ側の出力が 250mW と 1W の場合は顕著な差異がなく、むしろ RF タグの種別による影響が遥かに大きいことがわかる。

表 3-2 RF タグの上にコンクリート板(鉄筋無し)を 1~5 枚積み重ねた実験の測定結果

タグの向き	枚数	5枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	x	x	○	x	x	x	○	x
	1W	-	-	-	-	x	x	○	○	x	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	x	x	x	x	○	○
	1W	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○

タグの向き	枚数	4枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	x	x	○	x	x	○	○	x
	1W	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	x	x	○	○	○	○	x	○
	1W	x	x	x	x	x	○	○	○	○	x	○	○

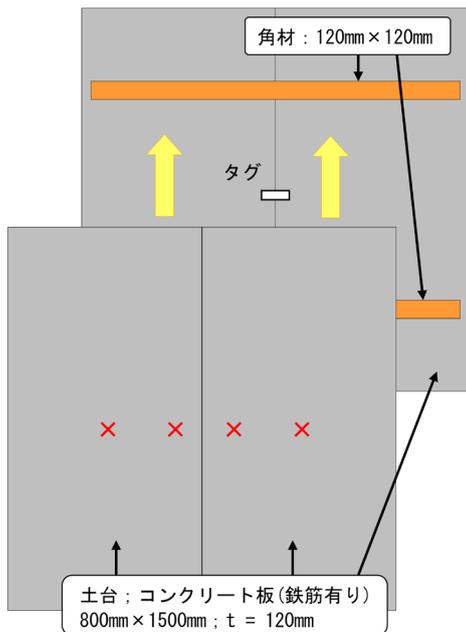
タグの向き	枚数	3枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	x	x	x	x	○	○	○	x	○	○	○	x
	1W	x	○	x	x	○	○	○	x	○	○	○	x
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	x	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○

タグの向き	枚数	2枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	x	x	x	x	x	○	○	x	○	○	○	x
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	x
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○

タグの向き	枚数	1枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	x	○	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	x	x	x	x	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	x	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	○

3. 2. 2 コンクリート板(鉄筋有り)の影響測定

コンクリート板(鉄筋有り)の影響を測定するために、図 3-9 に示すように、土台となる鉄筋入りコンクリート台に角材を乗せ、さらにその上からコンクリート板(鉄筋有り)を 3 枚積み重ね読み取りを試した。RF タグは土台とコンクリート板(鉄筋有り)との空隙に設置した。全ての RF タグとリーダにて読み取りが不可能になるまで 1 枚ずつ積み重ね読み取りを試した。



パッシブタグシステムに関しては、前述の実験と同じく、図 3-9 におけるコンクリート板(鉄筋有り)の下に配置された RF タグをリーダから読み取る際に、直上から読み取るのではなく直上から 100mm, 250mm 外した位置(図 3-9 における x の位置)からの読み取りを行った。また、リーダとコンクリート板(鉄筋有り)との距離は 50mm である。さらに測定は RF タグの向きを水平方向と垂直方向に変更し測定を実施した。この実験の測定結果は表 3-3 のとおりとなる。

図 3-9 RF タグの上にコンクリート板(鉄筋有り)を 1~3 枚積み重ね測定

表 3-3 パッシブタグの上にコンクリート板(鉄筋有り)を1~3枚積み重ねた実験の測定結果

タグの向き	枚数 タグ種別	1枚											
		Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×
	1W	×	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	○	×	×	×	○	○	○
	1W	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×

タグの向き	枚数 タグ種別	2枚											
		Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1W	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1W	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	○	×

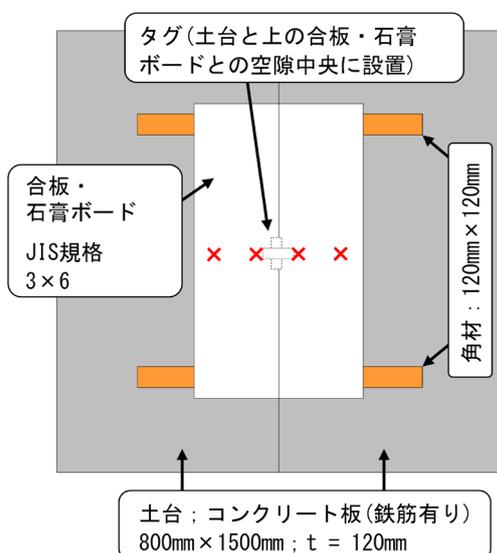
タグの向き	枚数 タグ種別	3枚											
		Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×
垂直方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×

コンクリート板(鉄筋有り)の影響を測定した結果を表 3-3 に示す。同表では図 3-9 における×の位置 4 カ所に対応した測定点において、RF タグが読み取り可能な場合は「○」、読み取れなかった場合は「×」を付記しており、「-」の箇所は測定していない。表 3-3 ではコンクリート板(鉄筋有り)が 1 枚の場合、Metal-L タグにおいては 250mW・1W のリーダともタグの直上付近でないと読み取れないことを示している。

表 3-3 より鉄筋入りのコンクリートの場合、今回準備したコンクリート板(鉄筋有り)では RF タグの直上の狭い範囲にて読み取りを行わないと検知は困難であることが分かる。しかし、今回準備したコンクリート板の厚み(図 3-9 の t=120mm)の影響が大きく関係している可能性があり、鉄筋そのものの影響は特定できていない。

アクティブタグに関しては、送信機を支柱ごとパイプに差し込み、コンクリート中央付近に設置した状態で、1mW 出力で設置場所から最大 120m 程度離れたところからでも検出ができた。アクティブタグシステムは検出エリアが広く、場所を絞り込むことはできないが、付近に RF タグが有ること自体は検出が可能である。実験で使用したアクティブタグは 1mW 及び 10mW の出力に対応しているが、10mW では、運動場の端(200m 離れた場所)でも十分な受信余力を残して検出ができた。

3. 2. 3 合板と石膏ボードの影響測定



合板(JIS 規格 3×6)と石膏ボード(JIS 規格 3×6)の影響を測定するために、図 3-10 に示すように土台となる鉄筋入りコンクリート台に角材を乗せ、さらにその上から合板と石膏ボードを個別に 5 枚積み重ね読み取りを試した(測定は素材毎に実施)。RF タグは土台と合板・石膏ボードとの空隙に設置した。パッシブタグで最も読み取りが弱い Metal-S タグを 250mW 中出力ハンディで読み取りが可能となるまで 1 枚ずつ枚数を減らし読み取りを試した。

図 3-10 RF タグの上に合板を 1~5 枚積み重ね測定

前述の実験と同じく、図 3-10 における合板と石膏ボードの下に配置されたパッシブタグをリーダから読み取る際に、直上から読み取るのではなく直上から 100mm, 250mm 外した位置(図 3-10 における×の位置)からの読み取りを行った。また、リーダと合板・石膏ボードとの距離は 50mm である。さらに測定は RF タグの向きを水平方向と垂直方向に変更し測定を実施した。

表 3-4, 3-5 では図 3-10 における×の位置 4 カ所に対応した測定点において、RF タグが読み取り可能な場合は「○」、読み取れなかった場合は「×」を付記しており、「-」の箇所は測定していない。表 3-4 より、石膏ボードを 5 枚重ねた場合、Metal-S タグでは水平方向・垂直方向に関係なく 250mW のリーダでは読み取りが困難である。同条件の Metal-L タグではどちらも読み取りが可能である。同様な傾向が表 3-5 の合板 5 枚を積み重ねたデータからも読み取れる。

表 3-4,3-5 より、読み取りにおいては合板においても石膏ボードにおいてもリーダの性能よりはむしろ RF タグの性能が大きく関係していることが分かる。

表 3-4 パッシブタグの上に合板を 1~5 枚積み重ねた実験の測定結果

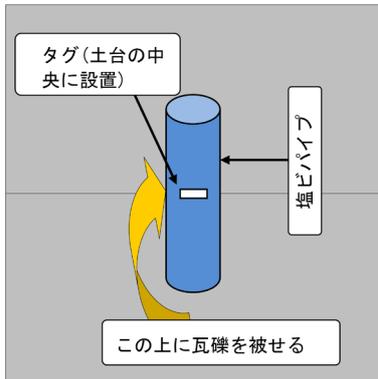
タグの向き	枚数	5枚								タグの向き	枚数	4枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L					タグ種別	Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×	水平方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○		1W	-	-	-	-	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	○	垂直方向	250mW	×	×	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○		1W	-	-	-	-	-	-	-	-

タグの向き	枚数	3枚								タグの向き	枚数	2枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L					タグ種別	Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-	水平方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-		1W	×	○	×	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-	垂直方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-		1W	×	○	○	×	-	-	-	-

表 3-5 パッシブタグの上に石膏ボードを 1~5 枚積み重ねた実験の測定結果

タグの向き	枚数	5枚								3枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L				Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	×	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	×	○	×	○	○	○	○	×	×	○	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	-	-	-	-

3. 2. 4 瓦礫の影響測定



瓦礫として前述のコンクリート板(鉄筋無し)と石膏ボードを破碎し積み上げた場合の影響を測定した。パッシブタグに関しては、災害時の捜索を考慮してアンテナをかざし、直ちに読み取れなければ読取不可と判定した。さらに瓦礫の上にコンクリート板(鉄筋無し)を配し読み取れるか調査した。図 3-11, 3-12 に示すように、塩ビパイプを設置しその上から瓦礫を乗せた。RF タグはこの塩ビパイプの中に設置し取り替えて実験を実施した。

図 3-11 RF タグの上に瓦礫(コンクリート、石膏ボード)を積み重ね測定

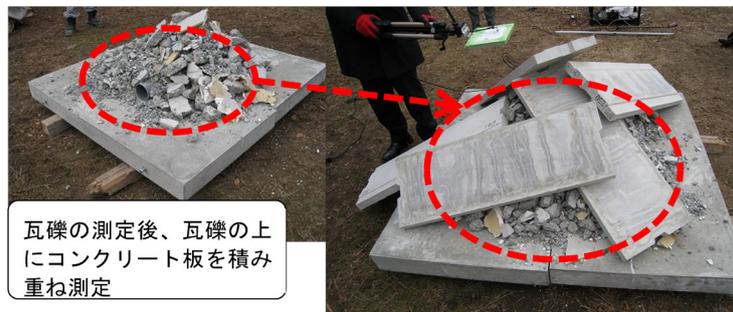


図 3-12 RF タグの上に積み重ねた瓦礫の状況

表 3-6, 3-7 より、Metal-S タグの場合、リーダーの性能に関わらず読み取りが困難であった。また、Metal-M タグや Metal-L タグの場合、250mW のリーダーであっても瓦礫の開口部から読み取りを何回か試みることにより読み取りが可能であった。

以上のことから、同一素材が密集している状況より、それらが混合した瓦礫の方が読み取り性能が向上することがわかる。また 1W リーダの場合はほぼ読み取りが可能であったが、必ずしも確実に読み取れる訳ではないため実際の現場での読み取りにおいては何回か読み取りを試みる事が重要であることが分かった。

アクティブタグに関しては、送信機を支柱ごとパイプに差し込み、瓦礫の中央付近に設置した状態で、瓦礫の上から問題なく読み取りができた。

表 3-6 RF タグの上に瓦礫を積んだ実験(図 3-12 左側写真)の測定結果

	中出力(250mW)ハンディ	高出力(1W)
Metal-L	読取困難。 ただし、大きな瓦礫の隙間等、場所によっては読み取れた。	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-M	読取困難。 ただし、大きな瓦礫の隙間等、場所によっては読み取れた。	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-S	読取不可	読取不可

表 3-7 RF タグの上に瓦礫を積んだ上にさらにコンクリート板(鉄筋無し)を積み上げた実験(図 3-12 右側写真)の測定結果

	中出力(250mW)ハンディ	高出力(1W)
Metal-L	読取不可	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-M	読取不可	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-S	読取不可	読取不可

3. 2. 5 雪の影響測定

冬期災害時に想定される雪の影響を測定するため、雪被り厚を変え読み取り距離を測定した。

雪は水、氷、空気の混合であり、雪の種類について日本雪氷学会では、雪の密度や水分量に応じて「新雪」、「こしまり雪」、「しまり雪」、「ざらめ雪」、「こしもざらめ雪」、「しもざらめ雪」の6段階に分類している。今回の実験では、積もったばかりの「新雪」を用い、RF タグを雪中に直接埋設するのではなく、図 3-13 下段の写真のように発泡スチロールに RF タグを挟み徐々に雪を積み重ね読み取り距離の測定を行った。

パッシブタグシステムの 250mW 中出力リーダの場合の実験結果を表 3-8 に示す。1W 高出力リーダの場合、1m の雪被り厚において数 m からの読み取りが可能であった。また、アクティブ型では、1m の雪被り厚(RF タグに被せた雪の高さ)において 10m の距離から読み取り可能であった。

表 3-8 より、雪被り厚が 106cm の場合の RF タグの読み取り距離は 250mW 中出力リーダにて 151cm であった。(雪被り厚が 0cm とは雪を被せていない状況である。)



図 3-13 RF タグを雪に埋設し測定

表 3-8 RF タグを雪に埋設した実験の測定結果(リーダ出力 250mW)

Metal-L	
雪被り厚	読取距離
106cm	151cm
59cm	138cm
42cm	84cm
0cm	130cm

表 3-8 の結果より、新雪の場合、他の障害物に見られる「多く重なると読み取りが困難になる」傾向と異なり、雪被り厚が 0cm,42cm,59cm の場合より 106cm の場合の方が 250mW リーダでの読み取り性能が向上している。

アクティブタグについては、送信機全体をポリ袋に収め、これに 1m 厚の新雪を被せて 10m 離れた位置から ID を読み取り、その際の受信電力レベルを測定し雪を被せない状態と比較したが、送信機を雪で覆った場合と覆わない場合のいずれにおいても送信機からの受信電力レベルは -68dBm であり、新雪による減衰を検出することはできなかった。

雪は水、氷、空気の混合誘電体であり、文献^{※1}によると、雪による電波の減衰は、雪の密度や含水率^{※2}さらに周波数によって異なり、含水率が大きくなる程また周波数が高くなる程増加する傾向にあり、新雪で、かつ周波数が 2GHz 帯以下の場合には、電波の減衰がほとんどないと分析評価されている。

今回 RFID の実験を行った雪は含水率が低いとされる新雪であり、使用周波数が 950MHz 帯であることから、電波の減衰がほとんど認められなかったものと推定される。

※1 参考文献…「雪の性質と電波伝搬」、新潟大学情報工学科教授 山口芳雄著

※2 どれだけ水分が含まれるか

3. 3 950MHz 帯パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの電波干渉実験

以下のように条件を設定して、950MHz 帯パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムを近傍で使用する際の距離と周波数による電波干渉実験を実施した。

・アクティブタグシステム

1mW アクティブタグシステムの周波数を CH8 ; 952.4MHz に固定する。

・パッシブタグシステム

アクティブタグシステムとの隣接チャンネルを CH9 ; 952.6MHz、次隣接チャンネルを CH10 ; 952.8MHz とする。高出力では FM0 方式(リーダが送受信を同一のチャンネルで行う方式)であり、中出力では MS 方式(リーダの送信チャンネルに対して、RF タグが両隣のチャンネルを使って応答する方式)とする。

3. 3. 1 1mW アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響

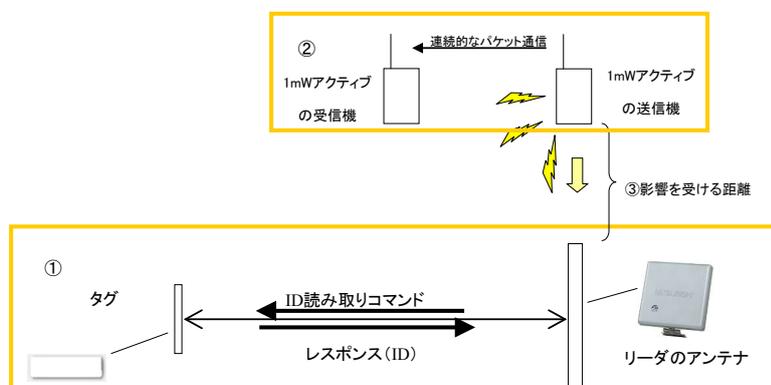


図 3-14 アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響の測定方法

表 3-9 アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響の測定結果

1mWアクティブタグの送信機とパッシブリーダのアンテナ離隔	5m	80cm	70cm	60cm
パッシブタグシステムの packets 受信成功率(次隣接; Ch10)	50/50	50/50	50/50	30/50

1mWアクティブタグの送信機とパッシブリーダのアンテナ離隔	5m	4m	3m	2m
パッシブタグシステムの packets 受信成功率(隣接; Ch9)	50/50	47/50	30/50	20/50

パッシブタグシステムは、次隣接チャンネルで連続的にデータ送信を行う 1mW アクティブタグを 60cm まで近づけた場合に影響を受け始め、隣接チャンネルの場合は表 3-9 のとおり 4m で影響を受け始めるという結果であった。ただし、隣接の場合であっても 1~2m まで近づけても全く読取が出来ない状況にはならなかった。

3. 3. 2 高出力のパッシブタグシステムのリーダが 1mW アクティブタグに与える影響

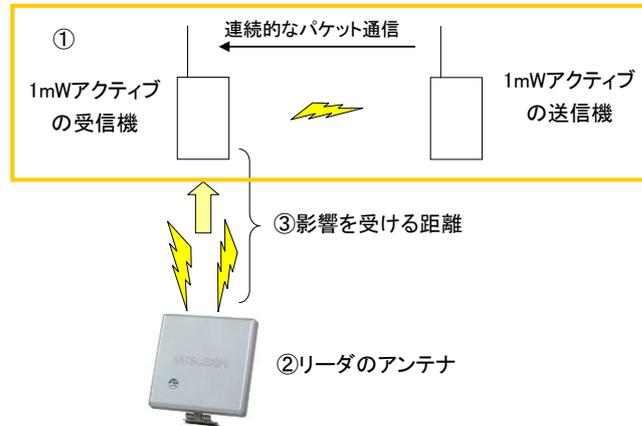


図 3-15 高出力リーダがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定方法

表 3-10 高出力リーダがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定結果

1mWアクティブタグの受信機と高出力パッシブリーダのアンテナ離隔	3.6m	3.2m	3.1m
アクティブタグシステムの packets 受信成功率	34/34	33/34	12/34

アクティブタグの受信機における信号受信レベルを -60dBm の状態にして packets 通信を繰り返し、成功率が 1 を下回った距離を測定した。結果、表 3-10 のとおり次隣接では 3.2m で影響が出始めた。

3. 3. 3 中出力パッシブタグシステムのハンディリーダーが 1mW アクティブタグに与える影響

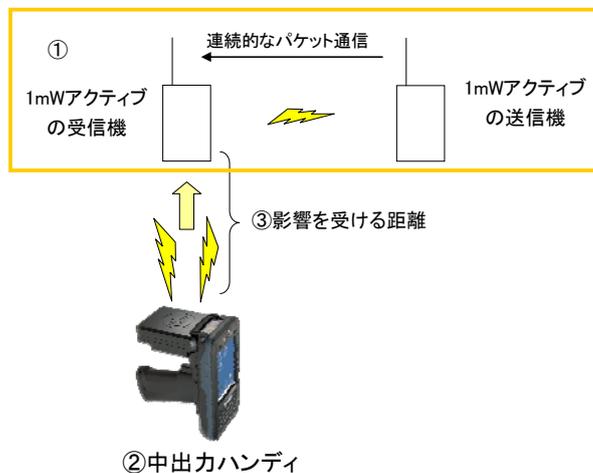


図 3-16 中出力リーダーがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定方法

表 3-11 中出力リーダーがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定結果

1mWアクティブタグの受信機と中出力パッシブハンディの離隔	4m	3m	2m	1.5m
アクティブタグシステムのパケット受信成功率	34/34	27/34	34/34	25/34

中出力ハンディでは隣接チャンネルに設定して影響を調べた。結果、表 3-11 のとおり 3m 程度で影響が出始める様子が観察された。

高出力パッシブタグシステムのリーダーの出力は 1mW アクティブタグの 1000 倍に達するため、相互の離隔は、10m 程度確保しないと互いに読取性能に影響を及ぼし合う可能性がある。

第4章 災害対策等に向けた RFID の社会的ニーズ

4. 1 信越地域における活断層等の現状及び大規模地震発生時における被害想定

4. 1. 1 長野県内における現状

長野県内に係る活断層は、糸魚川—静岡構造線断層帯（北部、中部、南部）を始めとして、境峠・神谷断層帯、阿寺断層帯、木曾山脈西縁断層帯、十日町断層帯、伊那谷断層帯、信濃川断層帯と多くの活断層が存在しているとされている。

これらの中で、松本市付近の牛伏寺断層を含む糸魚川—静岡構造線断層帯中部の活断層は、国の地震調査研究推進本部地震調査委員会の活断層の評価によると、平成 22 年（2010 年）1 月 1 日現在を基準日として、今後 30 年以内の地震発生確率は 14%とされ、その規模はマグニチュード 8 クラスであるとされている。また、50 年以内では、20%、100 年以内では 40%とされている。さらに、この予測される地震は、神奈川県的神縄・国府津—松田断層帯に次いで、日本で 2 番目に高い発生確率であるとされている。この他、松本地域周辺には、境峠・神谷断層帯、阿寺断層帯という活断層が存在しており、これらの地震発生確率の順位は、いずれも 3 番目、4 番目であるとされている。

発生確率が日本で 2 番目である牛伏寺断層を含む糸魚川—静岡構造線断層帯中部の地震について、平成 14 年（2002 年）に長野県が地震災害基礎調査で想定した数値によると、松本広域消防局の管轄区域である松本地方 3 市 5 村全体の建物被害は約 93,000 棟、死傷者も約 33,000 人を超えるとされている。さらに、地震被害は、松本地域に限定されるわけではなく、隣接する諏訪地域、伊那地域、大北地域、木曾地域にも及び、甚大になると予測されている。また、糸魚川—静岡構造線断層帯北部の地震についてもほぼ同様の被害想定とされている。

本県に係る活断層は、前述のとおりであるが、文部科学省地震調査研究推進本部の地震発生可能性を評価する長期評価では、前掲の糸魚川—静岡構造線断層帯のほか、阿寺断層帯（主部／北部）、木曾山脈西縁断層帯（主部／南部）がわが国の主な活断層における相対評価では地震発生確率が高いグループに属している。阿寺断層帯での地震発生確率は、30 年以内に 6%～11%、50 年以内に 10%～20%、地震規模は、M6.9 程度と予想されている。木曾山脈西縁断層帯（主部／南部）での地震発生確率は、30 年以内ほぼ 0%～4%、50 年以内ほぼ 0%～7%、地震の規模は、M6.3 程度と予想されている。また、地震発生時に当県北部に影響がある活断層として、新潟県の高田平野断層帯（東縁）及び十日町断層帯（西部・東部）が地震発生確率の高いグループに挙げられている。

本県に影響を及ぼす海溝型地震には、南海トラフで発生する東海地震と東南海地震が挙げられている。東海地震は地震調査研究推進本部による長期評価を行っていないため参考値となるが、30 年以内の地震発生確率が 87%と想定されている。当県では、東海地震に係る地震防災強化地域として、25 市町村が指定されている。また、東南海地震の地震発生確率は、10 年以内が 20%程度、30 年以内が 60%～70%、50 年以内が 90%程度以上となっており、諏訪市が東南海・南海地震防災対策推進地域として指定されている。

東海地震の被害想定は、中央防災会議の試算によれば、朝 5 時に予知なく地震が発生し、風速 15m の場合に、死者約 100 名、建物全壊棟数が約 3,700 棟となっている。

4. 1. 2 新潟県内における現状

新潟県においては、平成 16 年(2004 年)10 月に死傷者 4,800 人以上を出した新潟県中越地震、平成 19 年(2007 年)7 月に死傷者 2,300 人以上を出した新潟県中越沖地震が記憶に新しい。

本県に被害を及ぼす地震は、主に陸域の浅い場所で発生する地震及び日本海東縁部で発生する地震と考えられ、文部科学省地震調査研究推進本部の地震発生可能性の長期評価(平成 22 年 11 月 25 日現在)によると、新潟県に關係する主要活断層帯には、楡形山脈断層帯、月岡断層帯、長岡平野西縁断層帯、十日町断層帯(西部、東部)、高田平野断層帯(西縁、東縁)及び六日町断層帯(北部[ケース 1*1]、北部[ケース 2*2]、南部)が挙げられている。このうち、高田平野断層帯(東縁)、楡形山脈断層帯、十日町断層帯(西部)は、我が国の主な活断層における相対的評価において、地震が発生する可能性が高いグループに属している。

高田平野断層帯(東縁)での地震発生確率は 30 年以内にほぼ 0~8%、50 年以内にほぼ 0~10%、100 年以内にほぼ 0~20%、予想される地震規模は M7.2 程度であるとされている。楡形山脈断層帯での地震発生確率は 30 年以内に 0.3~5%、50 年以内に 0.6~8%、100 年以内に 1~20%、予想される地震規模は M6.8 程度であるとされている。十日町断層帯(西部)での地震発生確率は 30 年以内に 3%以上、50 年以内に 5%以上、100 年以内に 10%以上、予想される地震規模は M7.4 程度であるとされている。

また、日本海東縁部の海溝型では、山形県沖、新潟県北部沖、佐渡島北方沖の領域で地震が発生する可能性があるとしてされている。

山形県沖での地震発生確率は、50 年以内にほぼ 0%、予想される地震規模は M7.7 前後であるとされている。新潟県北部沖での地震発生確率は、50 年以内にほぼ 0%、予想される地震規模は M7.5 前後であるとされている。佐渡島北方沖での地震発生確率は、10 年以内に 1~2%、30 年以内に 3~6%、50 年以内に 5~10%、予想される地震規模は M7.8 程度であるとされている。

新潟県内における地震発生時の人的・物的被害状況は、平成 10 年(1998 年)3 月にまとめられた新潟県地震被害想定調査報告書で想定されている。ここでは、本県における活断層の状況、既往被害地震及び地震研究事例を参考に 6 つの地震を想定し、建築物被害、出火・延焼被害、人的被害、ライフライン被害等が算出されている。

想定調査結果のうち、最も死傷者数が多いと想定される地震は、下越地域(新潟市から旧白根市にかけての断層、長さ 32 km、幅 12 km)で M7.0 の地震が発生した場合であり、5 万 3 千人を超える死傷者が発生するとされている。

※1 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震を最新活動としない場合

※2 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震を最新活動とする場合

4. 2 災害対策と救助体制

4. 2. 1 松本市、松本広域消防における例

松本地方は、いつ何時地震が発生しても不思議ではない地域であることから、松本市地域防災計画の震災対策編により、活動体制や要援護者支援などの災害予防計画のほか、情報収集、救助・救急・医療活動、避難収容活動などの災害応急対策、被災者の生活再建等の災害復旧計画を定め、松本市及び関係機関別に実施計画を規定し、災害に備えている。

また、上記の公助に加え、他県における過去の災害を教訓として、自助及び共助による減災対策が重要なことから、地域福祉推進と一体化した取組みとして、防災と福祉のまちづくり講座を市内地区単位で実施し、自主防災組織の活性化支援、災害時等要援護者支援などの事業により、地域の防災力強化の講座や防災訓練などを実施のほか、松本市の防災や自主防災組織の活動などについて、出前講座により市民の防災意識の高揚を図っている。

松本広域消防局では松本広域連合消防計画により、地震警備計画を策定しその対策を子細に規定してあります。長野県消防相互応援協定により長野県内の各消防本部と、さらに大規模な地震や特殊災害等の広域応援時に、都道府県を越えて、迅速かつ効果的に人命救助等の応援活動を実施することを目的に創設された緊急消防援助隊の受入体制を検証し対策を検討してある。また、地域住民に対しては、被災時には甚大な被害が予測されることから、行政の対応が行き届かない状況を考慮した上で、松本広域消防局は住民自らが被災時の対応を学ぶ出前防災訓練の実施を推進している。訓練は、生活必需品の備蓄をするなど地震災害に対する対応、家具の固定等の地震被害を軽減させる減災方法、被災時に互いに助け合う共助の重要性について理解を深めることができると好評で、地域全体で毎年 10,000 人程度の参加者を得ている。

4. 2. 2 塩尻市における例

塩尻市では、地震、土砂災害、水害など想定される災害から市民の生命や財産を守るため、ミニ防災組織や自主防災組織の設置・支援、避難・救護体制構築の推進、デジタル防災行政無線の整備、耐震化の推進、防災意識の普及啓発・情報提供等、総合的な防災体制を構築し大規模災害に備えるとともに、市民一人ひとりが安全に日常生活を営むため、地域における防犯体制の強化に取り組んでいる。また、災害を含む突発事故等に対応するため、「危機管理対応基本マニュアル」を作成し、危機管理総合対策チームによる対応の体制を整備するとともに、平日昼間の消防防災体制を補完するための市役所消防隊の設置や、こどもたちの登下校時の安心・安全の確保を目的として「地域見守りシステム」の導入をはじめ、本年度、外郭団体の主体による「独居老人世帯安心見守り事業」の試験的運用に着手している。しかし、建築物の耐震率が低いことなど、大規模災害への備えは万全とは言えず、さらに、子どもに対する声かけなど市民の身近で起きる犯罪事犯も多発しており安全、安心を肌で感じる状況には至っていない。

今後は、引き続き防災・防犯体制の強化をはかるとともに、安全で安心な生活を確保するため、ソフト・ハードの両面から災害に強い都市を構築する必要がある。

4. 3 災害発生時における RFID の利活用

前述のような状況下において、地域における安心安全のための RFID の活用に関心が高まっており、災害発生時には次のような利活用が考えられる。

4. 3. 1 被災者の搜索活動（位置情報の確認、被災者の早期発見、早期救出）

一般的に瓦礫などに埋もれた人を救出する救助活動の端緒は、災害現場付近の住民などからの情報収集による被災者の大まかな特定から始まる。救助隊の持つ資機材を活用し、徐々に被災者が埋もれた場所を特定してゆくことになる。最新の資機材を活用したとしても短時間で被災者の埋没場所を特定することは困難で多くの時間を必要とする。こうした前例から学び得る被災時の状況を考えると、救助する側が被災者の状況を素早く把握することは、非常に困難であるにも関わらず、被災した人の生命にとって最も配慮しなければならない事柄であるという問題が浮かび上がってくる。

被災者の埋没場所が誤差のないピンポイントの範囲で特定できれば、広範囲の被災地で瓦礫に埋もれた被災者を探し出す活動が省略され、迅速に救助活動に取り組むことが可能となり、救助隊員や資機材を有効的確に配置し救出活動に着手することができる。助けられる側の被災者がピンポイントで特定することのできる装置が存在するのであれば、救助活動は迅速に進められ救命効果も格段の向上が期待できる。

被災者側にとっても、救出側の持つリーダーライトに位置情報を伝えることができるため、救出を求める手段として有効な方法であることは言うまでもないと考えられる。

4. 3. 2 傷病者の把握（傷病者情報の収集・提供、トリアージ情報の収集等）

医療機関や応急救護所さらには避難所であっても受傷者で溢れ、喧騒とした現場において、次々と搬送されてくる受傷者の管理方法にも活用が期待できると考える。一般的にトリアージという方法で受傷者の治療に対する優先順位を決定する。受傷者にはトリアージタグの貼付を行い治療に対する優先順位の明示を図り、実施者側にはタグの一片と一覧表によって管理を行うこととしている。トリアージされた受傷者のうち重症者は、被災地の圏内での治療不可能な負傷者として被災地以外の地域へ域外搬送を行わなければならない。こうした状況下においても、紙データによる管理の他に負傷者の一括管理の方策があれば、一体的な運用が期待でき効果的なことは言うまでもないところである。

また、被災時においてはインターネット回線は輻輳することが少なく情報伝達する手段として効果が得られるといわれていることから、トリアージデータをコンピュータ管理し、インターネット回線に接続することによりその情報管理機能を大きくし情報共有することが可能になると考えられる。トリアージ者が行うパッシブタグ付きトリアージタグを受傷者へ貼付する方法は、システム構築と実施者側の導入意思により活用が可能となるため、パッシブタグの携帯という住民自身の自由行為が必要な位置情報の確認に活用する場合に比べ、より実用が望める方式であると考えられる。

4. 3. 3 避難所における避難者の把握（避難者情報の収集、提供）

地震災害が危惧されている松本地方には 43 万人を超える住民が生活しており、被災時には 10 万人の避難者が生じる。避難所には人々が押し寄せることが予測できるが、こうした場合、行政側において住民の安否確認は必須の重要事項でありながらも非常に困難な作業となる。安否確認の現場においても RFID は、期待できるシステムであり得ると考える。地域の住民がどのようにして身に着けるのか、または保持させるのかという実用に向け乗り越えなければならない課題も存在するわけであるが、身に着けることによるアドバンテージは存在すると考える。

また、RFID は自治体では平常時に行政文書、物品の管理や、日常的な集配・回収業務に利用し、災害時には避難所において避難者の把握や救援物資の管理にも有効に活用できるものと考えられる。

4. 3. 4 被災家屋の調査（位置情報の確認、応急危険度判定と情報収集、活用）

震災により多くの住宅が被害を受けることとなるが、過去の地震による住宅被害は、兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）では、全壊・半壊・一部破損の住宅が約 64 万棟、中越地震では、約 11 万棟もの住宅が被害を受けている。この際、余震対策として、建築技術者により建築物の応急危険度判定を行うことになるが、これは地元自治体職員に加え、全国の自治体職員の支援のもと実施されることとなる。

このような場合、被害住宅の位置も含めたデータの整理が、スムーズな調査に役立つものであり、ひいては、被災者が仮設住宅に入るか、あるいはしばらく我慢して修繕や補強を行い元の家に住み続けるかについての的確な判断に役立つものである。このため、応急危険度判定による判定結果と紐付け登録したパッシブタグを対象の建物に貼付し、一元管理する方法は、データの正確かつ迅速な収集に大変有効と考える。

4. 4 緊急時における RFID の利活用

4. 4. 1 長野県塩尻市の既存システムの有効活用

塩尻市では、子どもたちの登下校時の安心・安全の確保を目的として、国のモデル事業の指定を受けて、特定小電力無線ネットワークを利用した「地域児童見守りシステム」を構築した。このシステムは、「信州大学・塩尻市連携プロジェクト研究所（SCHOLA）スコラ」の研究事業の一つとして開発し、平成 20 年（2008 年）から本格運用を開始している。

昨今、少子高齢化とともに地域コミュニティ低下の時代を迎え、地域において弱者である高齢者の生活活動状況を見守る気運が減少しているため、要援護者老人の支援や情報の受発信を行う新たなシステムの構築が求められている。

（参考）子どもたちの安全確保の取り組み（地域児童見守りシステムの運用と拡大）

小学校の通学路に配置された約 600 台の中継機が、子どもがもつ子機から発信された電波を受信して位置情報などを蓄積し、その情報をいつでも携帯電話やパソコンで確認することができる。

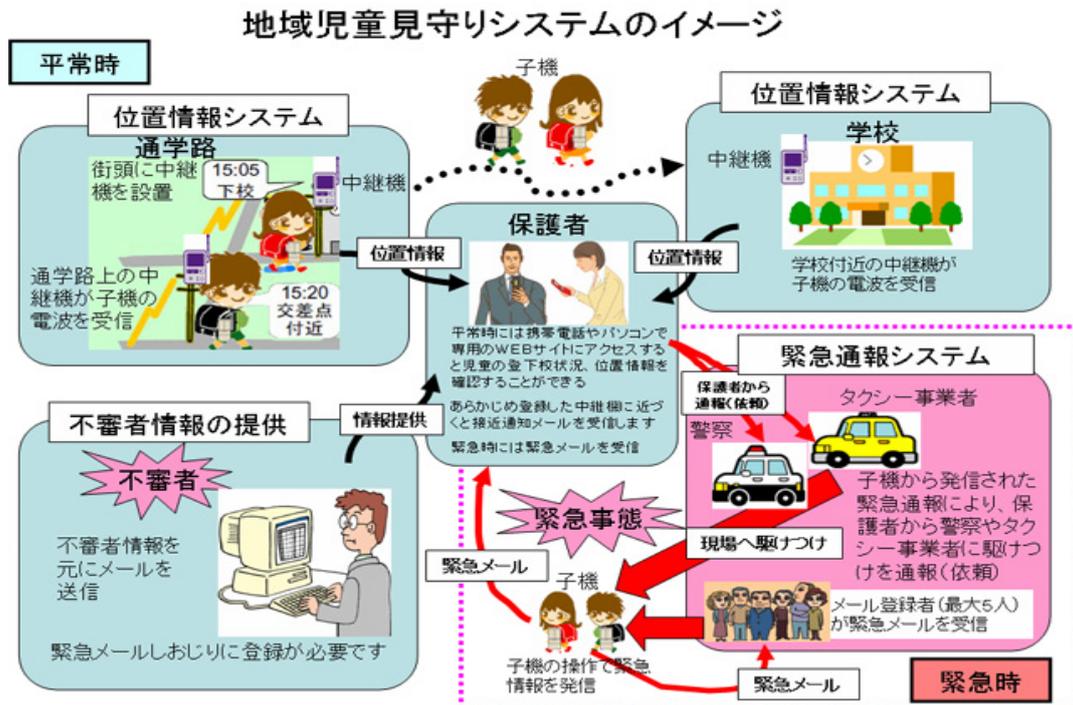


図 4-1 地域児童見守りシステムのイメージ(塩尻市ホームページより)

なお、本システムでは、こどもの登下校情報、職員の出退勤情報の確認や不審者の学校への侵入情報の確認までは開発されておらず、将来的に拡大が期待される。

※第 4 章参考文献…

平 22(2010), 11	活断層及び海溝型地震の長期的評価 文部科学省地震調査研究推進本部
平 10(1998), 3	新潟県地震被害想定調査報告書 新潟県
平 21(2009), 3	新潟県中越沖地震 新潟県
平 21(2009), 3	日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴—<第 2 版> 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会編
平 22(2010), 1	主要活断層帯の長期評価の概要 文部科学省地震調査研究推進本部
平 14(2002), 6	長野県地震対策基礎調査 長野県
平 17(2005), 7	中越大地震—自治体の危機管理は機能したか 長岡市災害対策本部

第5章 災害対策等に導入が望まれるシステム

本章では、第4章の災害対策等に向けた RFID の社会的ニーズを受けて、具体的なシステムについて提案する。

5.1 災害時捜索支援システム

国内外で発生した大地震によるビル倒壊現場等における救助活動については、倒壊した建物内において意識がない被災者を発見するため、重機や人力、救助犬による捜索活動を行うなどにより早期の発見に努めている実態がある。

こうした中で、広大な敷地内に複数の建物等を有する大学や工場等、多数の学生や従業員等が出入りするような場所においては、平常時に行う入退場管理とともに、震災時には的確な被災者情報の収集把握が求められることから、RFID を活用して、地震により倒壊した建物等に取り残された被災者の早期発見、早期救助の支援をする。

5.1.1 現状における課題と求められる対策

- ① 災害時の捜索にあたり現状における課題は以下のとおりである。
 - ・現在の災害時の捜索では、被災者の所在特定を行うための手段が少なく、特定が困難であり人海戦術により捜索を行っている。
 - ・予測できない災害には、災害用機器を常に携帯するための必然性がない。
 - ・通常の通信インフラ（携帯電話、公衆電話）などでは、災害時に通信不能状態となり利用できないケースが発生する。
 - ・携帯の可能性の高い携帯電話などでも、バッテリーの消費が早く通信できる期間が短い。
- ② 上記①の現状における課題に対し、以下のような対策が求められる。
 - ・被災者の所在を突き止めるための、効率的な捜索方法の検討とシステムの整備
 - ・通常から対象者が使用又は携帯している機器への必要な機能搭載などの検討
 - ・災害発生時でも通信が可能なインフラの整備
 - ・バッテリー消費の少ない省電力型の無線機器の整備

5.1.2 平常時に RF タグを携帯する必然性の考察

災害が発生する危険性は日々増すものの、予測できない災害のために災害対策用機器を常に携帯することや、または特別にそのための費用や手間をかけることが難しい一面があり、そのため、「常に携帯が必要」とされる場面での適用から推進することが必要と考える。

「学校」「職場」「病院や施設」などは、日々の活動において携帯が必要とされる場面である。また、スポーツや娯楽施設なども携帯が必要とされる場面といえる。

場所と携帯が必要とされるものを以下のとおり例示する。

- ・学校 (学生証)
- ・職場 (従業員カード)
- ・病院や施設 (通院券など)
- ・スポーツや娯楽施設 (スキー場など、入場券やリフト回数券)

老人や幼児などの携帯には日用品への搭載などが効果的であるが、その普及に関するステップには、技術的にも市場的にも段階を踏む必要があると考えられる。

また、災害時の携行品の普及に応じて、図5-1のように災害発生時の対応度が広がると考える。

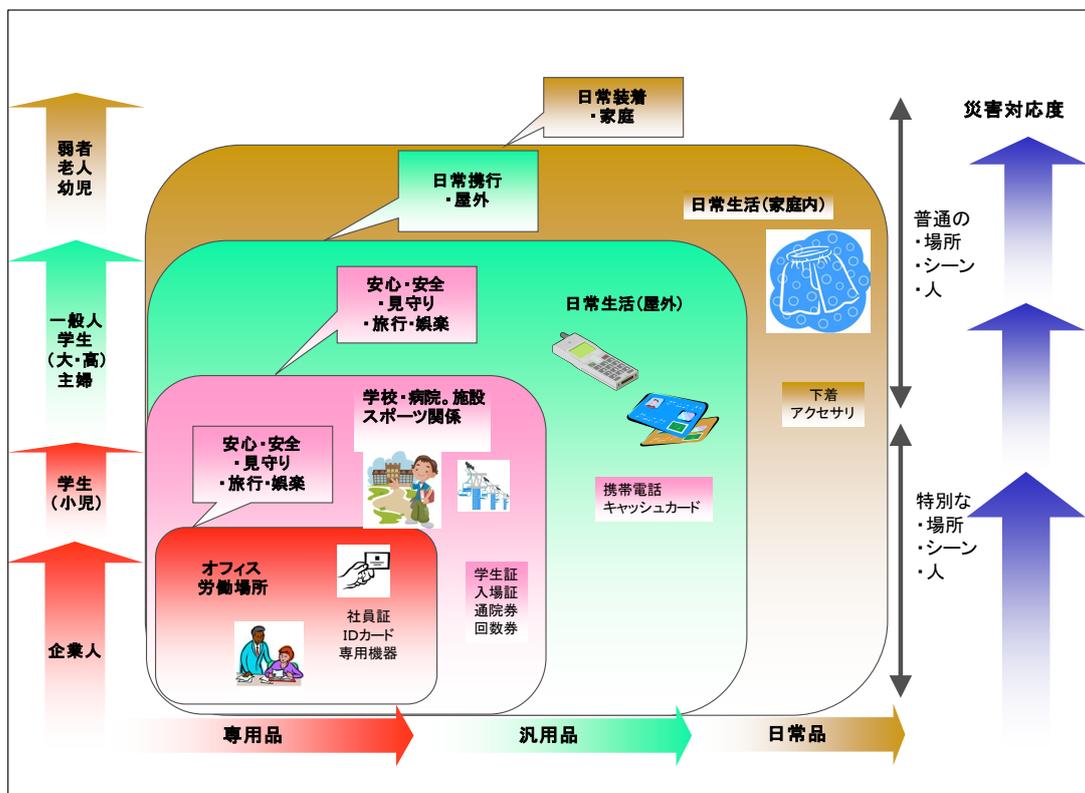


図 5-1 携行品での災害対応度について

5. 1. 3 平常時のパッシブタグシステム運用例

① 学校・施設などでの運用例

平常時は、学生や従業員に RF タグを所持してもらい、校門や建物の出入口等に設置したリーダライタにて、RF タグの ID を読み取り、それをサーバに送信、登録情報との照合を行なうことで、在籍者氏名、人数、位置情報をリアルタイムに把握する。

敷地や建物内での存在、または退出や退場したかを把握して、出入口以外の場所での検知は行なわない運用も考えられる。

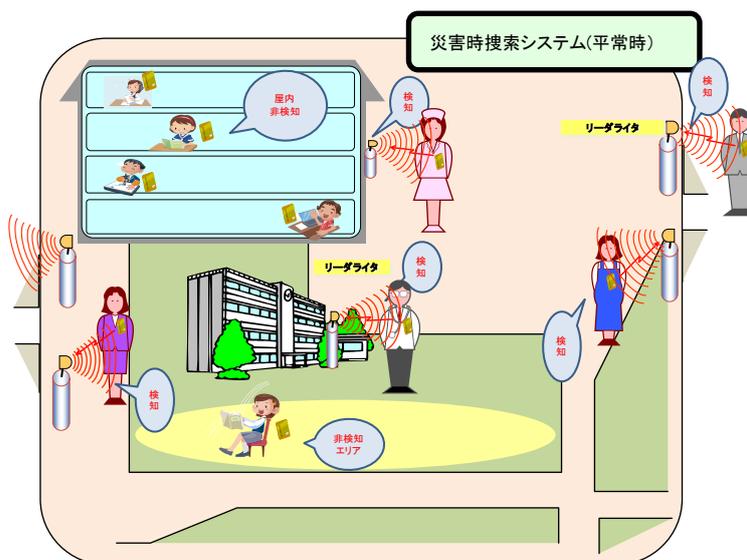


図 5-2 学校・施設などでの運用例

②スポーツ施設（例：スキー場）などでの運用例

スキー場などでは、既に RFID の導入が始まっているリフト回数券や入場券と併用することができる。スキー場では、雪崩など発生時にその遭難者の捜索に役立つものと考えられる。

図 5-3 のようにリフト搭乗口等にリーダライタを設置することで、回数券や入場券の自動読取りに併せ存在の確認が可能となる。ただし、RF タグの読取ゲートをスキー場内に網羅するよう設置することは困難であり、リフトを降りたスキーヤーがスキー場内に必ず存在するかどうかは判断できない。

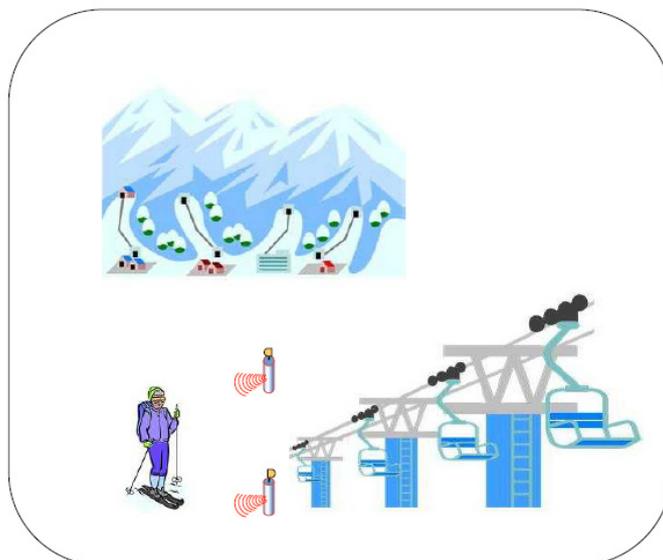


図 5-3 スポーツ施設（スキー場例）などでの運用例

このため、上記の建物内の存在者の把握とは異なり、災害発生時の遭難者の捜索の用途として運用することが想定される。

本調査検討会で実施した、雪を障害物とした電波伝搬実験において、1m 程度の新雪中の RF タグの検出が可能であったため、安価なパッシブタグを採用した回数券や入場券により、遭難者の捜索は十分可能と考えられる。

5. 1. 4 パッシブタグシステム実験結果の評価と技術的な課題

第3章の実験を基に、要救助者の早期発見に関する評価と技術的な課題をまとめる。

① RFID の所持方法

RFID を用いて要救助者を発見するためには、所持するにあたり身体から離す方がよい。1cm 離す効果は非常に大きいため、RF タグを所持させる場合、空気のカッション等である程度のスペースを作ることが重要となる。

また、RF タグが人体の下敷きになった場合は発見できない可能性がある。そのため、腕や肩等に RF タグを複数着ける等の工夫や、アクティブタグとの組み合わせなどを考慮する必要がある。

② リーダによる要救助者探索の方法

リーダの角度が 30° 程度までであれば影響は少ない。しかし、幅に関しては 10cm 程度でも影響が出ることから要救助者を探索するには 20cm 程度の間隔で読み取りを実施することが望ましい。また、多少の RF タグの傾きには対応可能であることがわかる。

③ 瓦礫の影響

建築物に建材として利用されている鉄筋入りコンクリートの影響は大きいですが、厚み

が 120mm 程度であれば読み取りが可能であり、また、240mm でも読み取りが可能な場合がある。合板や石膏ボードでは読み取り性能にあまり影響がない。コンクリートの場合であっても瓦礫の状態になると、相当程度覆われた状態でも開口部から読み取りができる可能性が高く、要救助者を発見できる可能性が高い。

④ 雪の影響

雪は水、氷、空気の混合であり、雪による電波の減衰は、雪の密度や含水率※によって大きく異なることから、新雪以外の他の雪の種類について更なる詳細な調査が必要である。

⑤ RF タグの種類

読み取り性能に対する RF タグの種類の影響は非常に大きい。読み取り性能における差異が明確であるため、実際に所持してもらう RF タグは、今回の実験結果を踏まえて選定していくことが必要である。

5. 1. 5 パッシブタグシステムの運用上の課題

パッシブタグシステムの運用上の課題を考察する。

- ・ カードは日常的に所持する必要があるため、クレジットカードのような形状が適切と考えるが、カードサイズとした場合、他のカードと同様にサイフやカード入れ等に入れて持ち運ぶ可能性が高いので、他のカード（特に Suica や住基カードのような非接触 IC カード）との重ね合わせやサイフの中の硬貨等の影響で、RF タグが読めなくなる可能性がある。
カードを胸ポケット等に入れている場合も、人体との接触による水分の影響で読み取り精度の低下が想定され、また、RF タグとアンテナが並行になる向きでないと、読み取りが困難との特性もある。
以上より、パッシブ型での平常時の所在管理の目的では、遠距離からの自動読み取りよりも、自らカードをアンテナにかざすという行為を行なってもらい、所在の把握を確実にこなうという運用・指導も必要となるかもしれない。
- ・ 小学生の見守りサービスのように、ランドセルにぶら下げのお守りのような形態で通信性能の影響を与えないような、形状・所持方法を検討する必要がある。
- ・ リーダライタでの RF タグの読み取りは、移動の方向性が識別できないため、入門・入室したのか、退門・退室したのかの区別がつかない。一か所のリーダライタにアンテナを複数枚設置して、読取アンテナの位置と時間差のデータから、入退の区別を明確に検知させる工夫が必要である。
- ・ パッシブタグシステムは数 m の通信距離があることから、第三者が設置したリーダライタにより、所持者が意図しなくても ID の読み取りが可能である。ID 情報のみ RF タグに持たせれば氏名等の個人情報までは取得できないが、不正追跡というセキュリティの問題の可能性があるため、これに対する考慮も必要である。
- ・ ID と個人情報を紐付けるデータベース及びネットワークは、セキュリティの強固性は当然として、災害時にもダウンしない対策を講じる必要がある。
- ・ 公共の場所での電波の送出であるため、人体への影響を防ぐ防護指針や、医療機器（植込み式心臓ペースメーカ等）の影響を避けるため指針への対応が必要である。

※どれだけ水分が含まれるか。

5. 1. 6 平常時のデュアルタイプ RF タグの活用

① アクティブタグ活用の検討

アクティブタグの特長は第 2 章 2. 2. 2 のとおりであるが、平常時に学校、施設等において利用しようとする場合の利点や留意すべき点は以下のとおりである。

- ・最大数百 m 程度の通信が可能であり、ポケットやカバンの中、人体に密着してもある程度の通信距離が確保できる。
- ・RF タグからの信号発信が可能であり、緊急通知ボタンを設定すれば、ボタンを押してアラームを発信できる。これは災害時のみでなく、急病や事件・事故時の緊急通報としても使用可能である。
- ・定期的に電波を送信するタイプは、信号が届く範囲が比較的広いことがセキュリティ上の課題となるが、リーダライタからの信号を受けて応答するタイプでは、秘密鍵による相互認証等の技術により、不正なリーダライタには応答しない等の対策により、この問題を解決できる。
- ・通信時の電文を暗号化することにより、盗聴等のセキュリティ対策を実現することが可能である。
- ・タグに、各種センサー（温度、振動等）を搭載することが可能であり、被災者の状態等の把握が可能となる。
- ・電池が必要であり、学校や職場等での年度の変わり目での電池交換は許容される範囲と想定できるので、最低 1 年間は動作させたい。

ただし、電力消費は無線通信による送受信が最も大きいので、平常時は極力電池を消費しない運用とし、災害時に捜索者が持つ特定の装置からの指令によって活性化させる等の仕組みも考慮する必要がある。

- ・電池以外に制御電子回路が必要となるため、現状では薄いカード形状の RF タグ作成は困難である。ただし、ペーパー電池等の技術の開発が進んでいるため、日常の所持に支障とならないサイズの実現は可能と思われる。
- ・携帯電話は所有率が高く日常的に所持されており、随時意図的に充電がされるので、アクティブタグの送信機能が携帯電話に内蔵されれば、アクティブタグ機能専用の副電池を内蔵し、充電は携帯電話本体から行いながら本体の電池消耗後は、アクティブタグ機能のみ副電池で動作させることも考えられる。
- ・パッシブタグシステムとアクティブタグシステムを同一場所で使用する場合、基礎実験から、ごく近接した周波数で一定距離以下に近づくと互いに影響を受けることが分かった。

中出力リーダライタ及びアクティブタグ並びに一部を除く高出力型リーダライタはキャリアセンス^{※1}が義務づけられており、キャリアセンスのない高出力型はチャンネル数が 4 に限られている。それぞれが ARIB-STD のチャンネルプラン^{※2}に従って運用されれば使用できない状況はほとんど回避できると思われるので、当該チャンネルプランに沿った運用が求められる。

※1 キャリアセンス：電波を発射する際に前もって送信する電波の周波数を受信して、送信要求時に一定以上の受信入力があるときには送信しない機能。

※2 無線機器の標準規格である社団法人電波産業会（ARIB）が策定したチャンネルプラン

② デュアルタイプ RF タグの利用

パッシブタグとアクティブタグそれぞれの特長を活用し課題を補う手段として、図 5-4 のようにパッシブタグとアクティブタグとのデュアルタイプ RF タグの利用が考えられる。

入門（入室）時は通信距離の短いパッシブタグを読み取り、アクティブタグでは遠距離通信性を利用して、構内全体の所在把握を行なう。

これにより、パッシブタグのみの場合の課題であった入退の区別がつかないという問題を解決できる。

アクティブタグのリーダライタを複数設置して、受信信号強度による三点位置測位を行なうことで、アクティブタグのみによるリアルタイムな位置把握を行なうことも可能である。

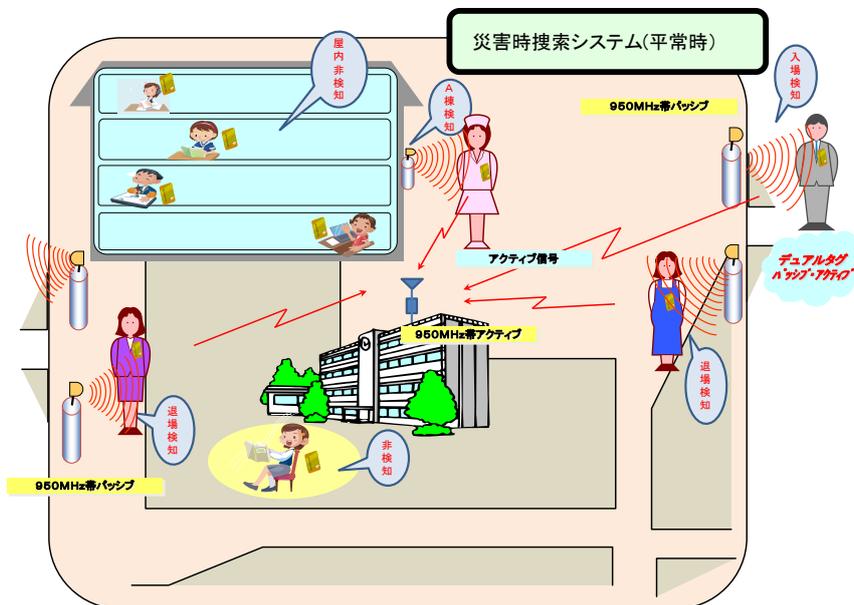


図 5-4 パッシブタグとアクティブタグとのデュアルタイプでの活用

5. 1. 7 災害発生時及び遭難などによる捜索時等の運用形態

災害発生時及び遭難などによる捜索時等には、以下のような運用形態が考えられる。

① パッシブタグによる災害時の被災者の捜索

災害発生時は、通常的位置把握による所在確認のデータから安全が確認された人数を消し込むことにより、所在不明者のおおまかな把握を行なう。

所在不明者がいる場合、図 5-5 のように、ハンディタイプのパッシブタグリーダライタ（中出力型）にて、倒壊した建物内の被災者を捜索する。

ただし、中出力型リーダライタでの通信距離は 2m 程度であり、RF タグの装着環境、人体との接触、瓦礫、コンクリート、土砂等の影響により通信距離が低下することに留意が必要である。

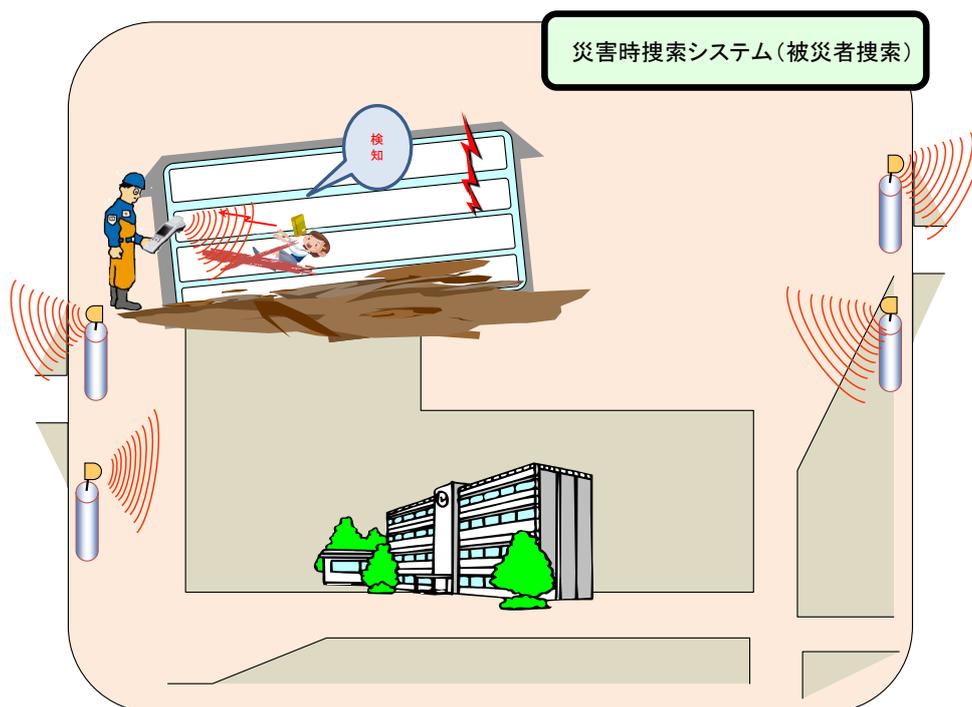


図 5-5 パッシブタグでの被災者の検索

② パッシブタグとアクティブタグの併用による災害時の被災者の検索

パッシブタグのみの場合は、通信距離が短いため、被災者の近場での詳細な位置の把握は可能であるが、構内全体での被災者の有無、大まかな位置把握は困難である。

パッシブタグとアクティブタグとのデュアルタイプの場合は、アクティブタグにて被災者の存在の有無と、おおまかな位置の測定（三点測位を実施の場合）が可能であり、その結果により、想定場所近くでのパッシブタグによる詳細な検索が可能となる。

パッシブタグとアクティブタグの併用の方式は以下の2通りが考えられる。

- ・パッシブタグとアクティブタグは個別に動作させておく

まずはアクティブタグの信号を受信することにより、おおまかな位置を把握して、その後、ハンディ型パッシブタグリーダーにより、被災者の検索を行なう。

この方式の課題は、アクティブタグを常時動作させておく必要があり、電池寿命の課題を解決する必要がある。

- ・パッシブタグリーダーからの信号により、アクティブタグを活性化させる

電池消費量の大きいアクティブタグは平常時はスリープ状態としておき、パッシブタグリーダーからの信号受信をトリガとして、アクティブタグを起動して被災者の位置等を通知する。(図 5-6 参照)

この方式では、検索現場ではハンディ型リーダーにて、くまなく電波をあてるような作業が必要となるが、従来の作業と比較して負荷は増えることはなく、アクティブタグの信号により、全体状況の把握が自動化され、かつ正確な情報が把握できるメリットがある。また、この方式では、アクティブタグを災害検索時のみに動作することになり、課題である電池寿命の問題を解決できる。

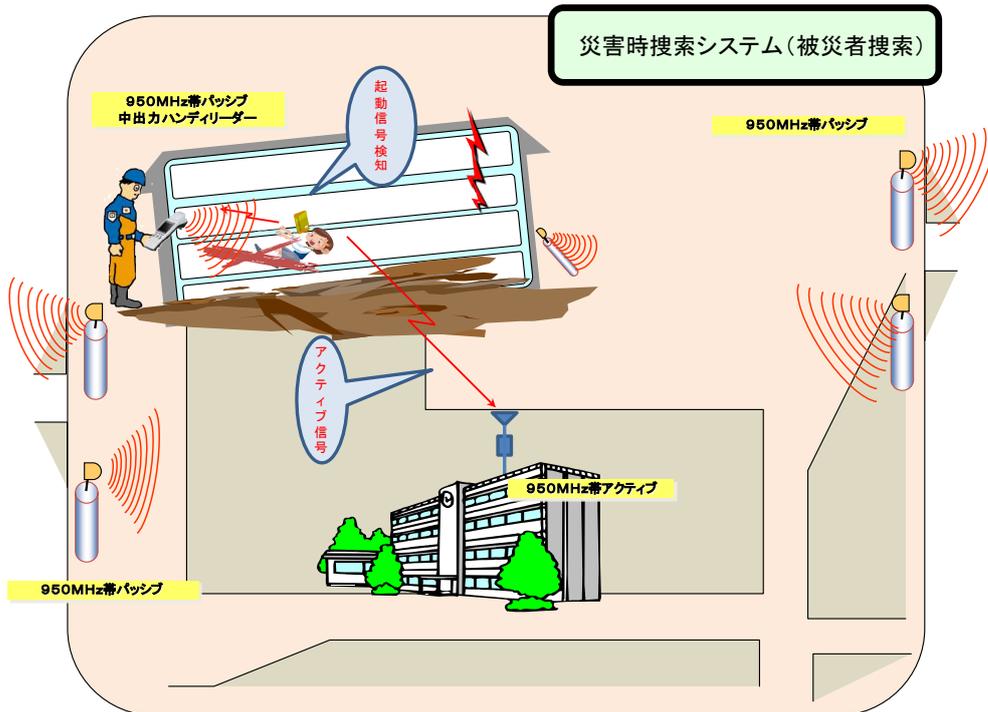


図 5-6 パッシブタグとアクティブタグとのデュアルタイプでの搜索

③ スポーツ施設（例：スキー場）などでの運用例

図 5-7 は、スキーなどで雪中に RFID を保持する遭難者を想定し、その発見を支援するシステムの例である。

本調査検討会で実施した、雪で覆われた状態での電波伝搬実験では、1m 程度の雪中の RF タグの検出が可能であったため、建物の崩壊での被災者の搜索と同様なシステムの適用が可能である。

特に、雪崩等の現場ではエリアが広く搜索範囲の特定が難しいが、パッシブタグとアクティブタグとのデュアルタイプの場合は、アクティブタグにて遭難者の存在の有無と、おおまかな位置の測定（三点測位を実施の場合）が可能であり、その結果により、想定場所近くでのパッシブタグによる詳細な搜索が可能となる。

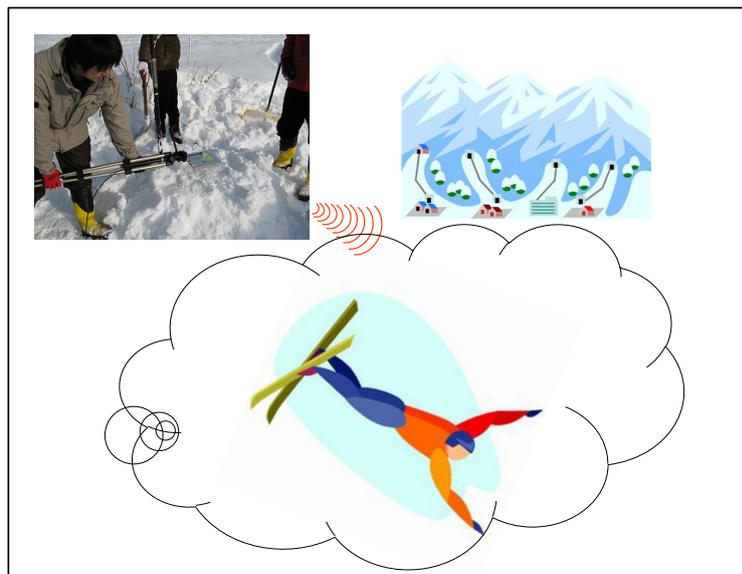


図 5-7 スキー場などでの遭難者発見を支援する例

5. 1. 8 必要とされるシステムの構成

災害時の捜索に必要なシステムの構成（災害時捜索支援システム）を図 5-8 に示す。

災害発生時には、「捜索隊」が被災者を発見するために、被災者の持つ RFID を読み取るリーダライタをベースとした携帯できる機器による捜索支援機能が必要であり、また、読み取った情報から被災者情報を「対策本部」へ通知するための情報伝送機能が必要である。

災害発生時には、商用電源や通常の通信回線の途絶が予想されるので衛星通信網などを利用した機能の考慮も必要となる。

対策本部では、災害現場より通知された情報を元に、被災者の特定や捜索隊の活動状況を管理する機能が必要となる。

災害発生時に早期に必要な「災害時捜索支援システム」は、上記の機能を持つシステムとなる。

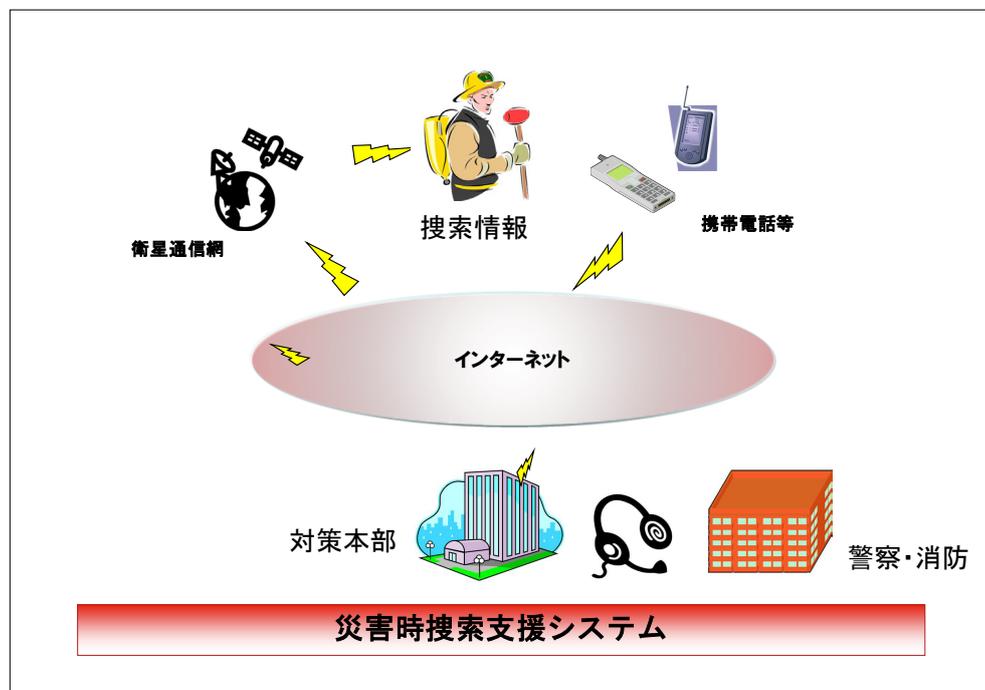


図 5-8 災害時捜索支援システムの構成例

5. 2 被災地におけるトリアージデータのリアルタイム通報システム

5. 2. 1 トリアージの概要

地震や水害など広域大規模災害発生時には短期間に多数の負傷者が発生するため、医療機関には迅速かつ適切な救急医療体制の充実が求められる。とりわけ、災害発生現場では、多数の患者に対しその重症度と緊急性によって治療の優先度を決定し（トリアージ）、その結果に応じて搬送順や搬送先の決定等を行う必要がある。このトリアージは専門的な訓練を受けた DMAT（災害派遣医療チーム）と呼ばれる機動性を持つ医療チームによって行われる。

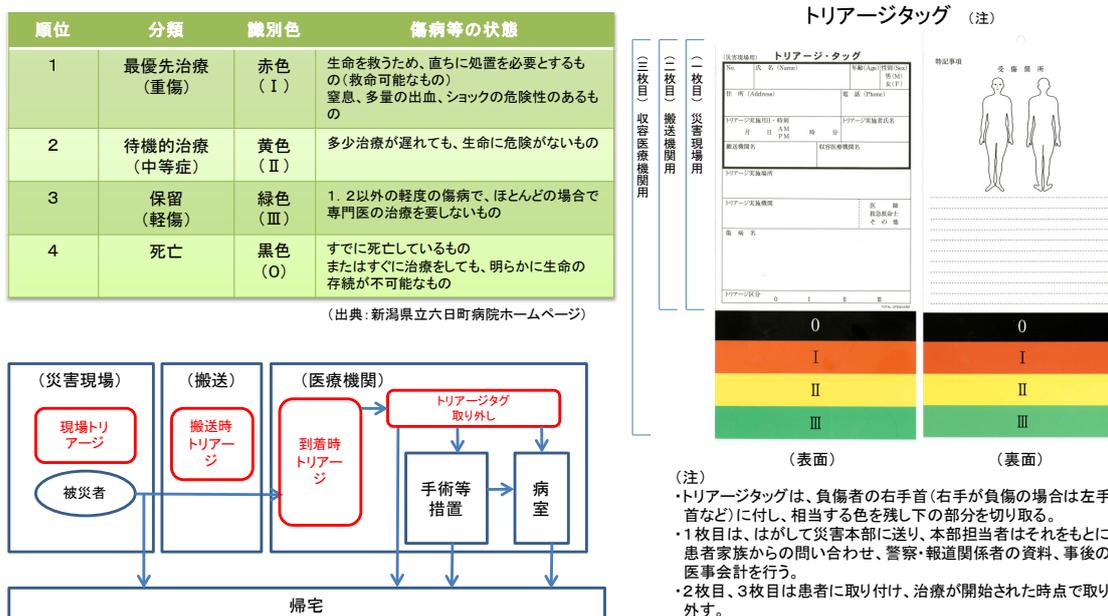


図 5-9 トリアージの流れ、トリアージタグ

一方、こうした情報が錯綜する中で、中央の対策本部や基幹病院では DMAT への確かな指示を出せる事が望ましい。そこで、新たなトリアージデータのリアルタイム通報システムの開発が求められている。

災害発生時には、商用電源ならびに通常の通信回線の途絶が予想される。そこで、本システムでは、デジタル化したトリアージ情報を特定小電力無線ネットワークと衛星携帯電話回線を介してデータセンタへ送信し、さらに GIS（地理情報システム）を用いて傷病者の人数や位置の実時間把握を行うことを目的とする。同時に、搬送された患者の所在確認を目的に、より汎用性が高い一般の携帯電話を用いた情報発信によるトリアージ情報収集表示機能も開発する。

5. 2. 2 提案システムの概要

次に、実現に向けた具体的なシステム構成を述べる。まず図 5-10 に、DMAT 支援用トリアージ情報通報システムの全体構成を示す。

本システムでは、まず現場に派遣された医師が通常のトリアージを行った後、トリアージ情報（Ⅰ、Ⅱ又はⅢ）を医師が所持するエアタグ（専用送信端末）の該当ボタンを

押すことにより入力する。この際、紙製トリアージタグに内蔵される RF タグの ID も関連づけて同時に送信する。

これらの情報は、独自の特定小電力無線ネットワークで構成される中継機を介し、仮設置された独自の親機に伝送される。次に親機は受信したデータをシリアル通信により変換用 PC に送信し、変換された情報は衛星携帯電話（NTT ドコモ：ワイドスター II）及びインターネットを経由して、外部のデータセンタへ伝送される。

サーバ側で受け取られたトリアージ情報はデータベースへ登録され、登録された傷病者情報を基に新潟大学内で運用されている GIS (ESRI,ArcGIS) を用いて傷病者の人数、位置の表示を行う。一方、傷病者が搬入される病院等で再度トリアージタグから情報を読み込むと、新しい位置が自動的に変更される。なお、新潟大学とデータセンタ間は災害時の停電等を考慮して光ファイバーにより接続されている。

以上の方式により、災害対策本部や医療機関等ではトリアージ状況の実時間把握が可能となり、DMAT へ指示を出す際の重要な判断指標となる。さらに、携帯電話の Web 画面上からもトリアージ状況を確認することが可能であるため、DMAT 隊員相互の位置確認や情報交換も可能である。

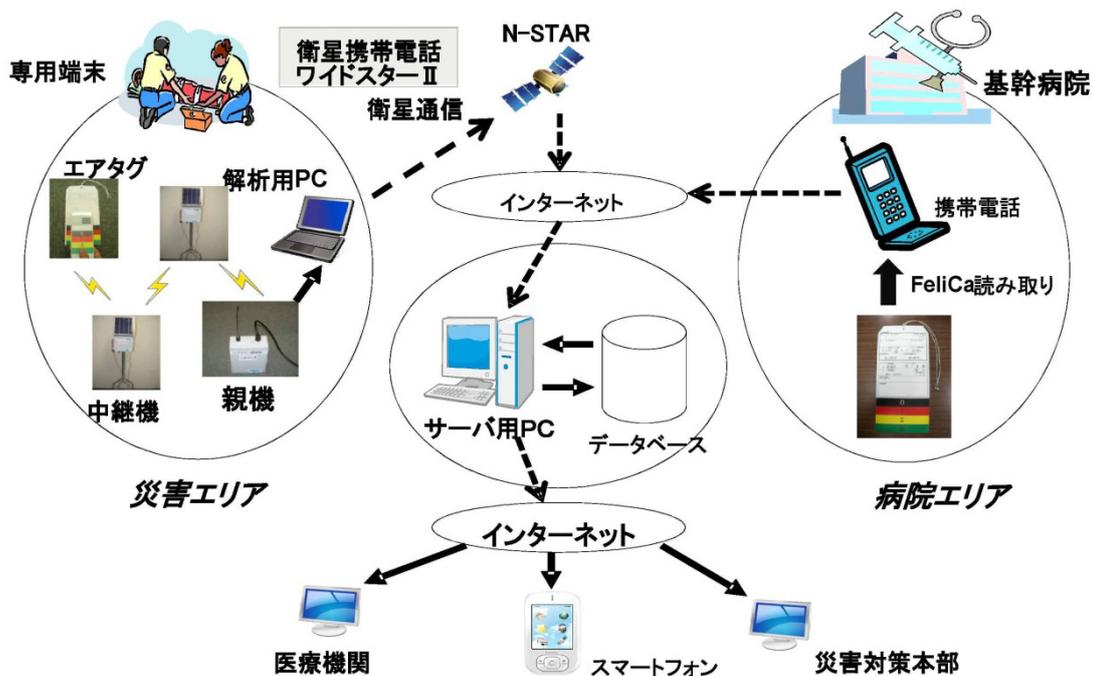


図 5-10 DMAT 支援用トリアージ情報システム構成

次に、表示方法について説明する。トリアージ状況の画面表示は Web アプリケーションとして作成し、表示される色はトリアージ区分の色に対応する。また、選択可能な表示の種類としては、中継機単位、市区町村単位、GPS による位置情報単位の 3 種類がある。また GPS 表示では、傷病者 ID を数字で示すこととする。

5. 2. 3 地域での実証実験

本システムの動作を確認するために、十日町消防署、十日町病院及びその他の DMAT

チームの協力を得て、平成 20 年(2010 年)10 月 23 日に実施された三魚沼地区防災訓練において実証実験を行った。

ここでは、地元住民 30 人のボランティアにトリアージが行われた。まず十日町消防署を崩落現場及び一時避難所、近隣の十日町病院を地域病院と想定し、崩落現場でエアタグを用いたトリアージが行われた。次に治療優先度別に、避難所から病院に患者を救急車で移送し、それぞれの区域での傷病者の増減、総数を Web 画面上で確認した。

図 5-11 に十日町消防署における訓練時のトリアージ情報表示結果を示す。ここでは、避難所からの重症患者の一部（グラフ：赤）が十日町病院の位置に移送された様子が示されている。また、図 5-12 に別途、崩落現場における GPS による傷病者の位置表示結果を示す。ここでは、合計 5 ポイントの傷病者位置が逐次正確に表示される事を確認した。

また、別途、全方位カメラと携帯電話を用いたシステムの動作実験を行い、動画共有サービス「U-stream」により現場画像情報の閲覧ができる事を確認した。次に、十日町病院では、リーダーライタを搭載した携帯電話によるトリアージタグの自動読み取りが行われ、それらの情報も Web 上で反映されることを確認した。図 5-13 に携帯電話の画面を示し、図 5-14 にトリアージ情報送信過程を示す。

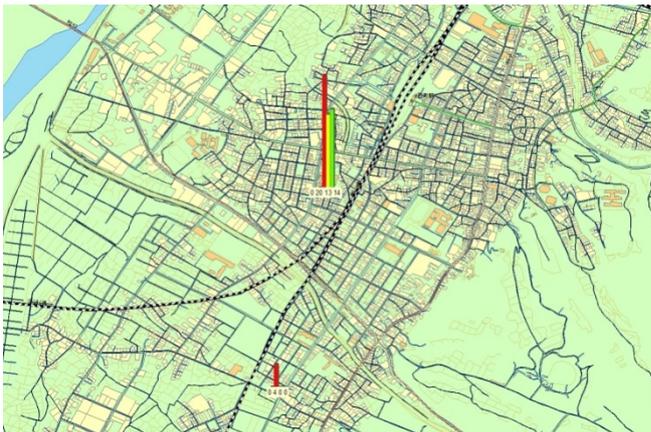


図 5-11 トリアージ情報表示結果（広域表示）



図 5-12 GPS 情報単位の表示結果



図 5-13 携帯電話画面



図 5-14 携帯電話によるトリアージ情報送信

5. 2. 4 実証実験の評価

前述の実証実験では、PC の Web 画面上と携帯電話の Web 画面上の双方からトリアージ状況を把握できることを確認した。同時に、蓄電池及びソーラパネル付き特定小電力無線ネットワークを用いて、商用電源の停止が予測される災害時でもトリアージ情報を実時間で把握できることを示し、その有効性を確認した。さらに、携帯電話回線が利用可能な地域では、新たに新潟大学が開発した携帯電話応用ソフトウェアにより、患者搬送の時間的な経緯を実時間で計測し伝送することができた。

一方、被災現場では重篤な患者を搬送する際に、トリアージ情報の記録を残さないまま病院に搬送される例が見られた。同様に病院でも、携帯電話の記録に戸惑っている間に患者が移動する場合があった。こうした記録環境を改善するために、例えば 950MHz 帯のパッシブタグなどを患者搬送用のストレッチャーやその他の医療器具に取り付けることにより、被災区域からの患者の出入りを自動的に記録する方法なども必要と考える。

5. 2. 5 システムの有効性評価と今後の課題

本項に記載するシステムは、各種の情報通信技術を用いて、デジタル化した傷病者のトリアージ情報を GIS 上で動的に表示するものである。

本システムの特徴は、まず電源や通信回線の途絶した地域における災害発生を想定し、トリアージ情報を特定小電力無線ネットワークと衛星携帯電話を介して、データセンタに送信しデータベースに登録できることであり、災害時には非常に有効と考えられる。

そして、データの登録方法がエアタグの場合はボタン操作のみであり、携帯電話でも類似の方法で簡単に実現できる点が特徴である。また、データ表示に於いては GIS と連動した Web 画面上に傷病者数を棒グラフで直感的に把握できるため、視認性及び汎用性に優れている。

今後は、装置全体の改良によりトリアージ情報取得の信頼性を高めるとともに、大規模災害を想定したサーバ負荷の推定、情報閲覧側の要求に応じた表示方法の検討やデータベース設計法を検討する予定である。さらに、前述のような 950MHz 帯 RF タグによる自動把握や複数周波数対応の専門端末及び携帯電話の導入について検討を行い、システムの実用化や全国的な標準化を推進する予定である。

※本研究の一部は、平成22年度新潟県地域復興支援事業ならびに新潟大学災害復興科学センターの支援によるものである。

(本システムは、下記メンバーの共同研究成果である。)

牧野秀夫、山本峻、伊藤達哉、亀井秀一、畑中将輝：新潟大学大学院自然科学研究科。

今井博英：新潟大学評価センター。土屋裕、谷屋明彦、平野圭蔵：(株)長野日本無線。

小林二郎：株式会社 BSN アイネット。高橋昌、木下秀則：新潟大学医歯学総合研究科

※参考文献…2011年電子情報通信学会総合大会講演論文集(2011年3月掲載予定)

①伊藤達哉、牧野秀夫他 小型端末を用いたトリアージ情報の管理・配信システム

②亀井秀一、牧野秀夫他 災害現場における電池式遠隔端末を用いたトリアージ情報伝送システム

5. 3 大規模災害時における避難者把握システム

5. 3. 1 システム導入の背景

大規模災害時には、避難した人々が集まる場所（避難所）に向けて水や食料、生活物資、医薬品の配給及び医療サービスの提供等の支援が必要となるが、避難所毎に避難者数、年齢構成、けが人の状況等の基礎となる情報を迅速かつ的確に把握する仕組みを用意しておくことが、より適切な支援を可能とする。そこで、RFID を用いた避難者把握システムの導入が考えられる。

5. 3. 2 システム概要と活用イメージ

このシステムは、一度登録を行うことによって、避難所における避難者を継続して把握するとともに、避難者数の推移等を把握して必要な物資配給の支援に役立てるものである。

RFID は、自治体の行政文書、物品の管理や、日常的な集配・回収業務の作業効率の向上に有効なシステムである。平常時は、それらの業務に利用しながら、自治体に RF タグを一定数まとめて保管しておき、災害時には、避難所で氏名・住所等の登録伝票と ID をハンディ型リーダーライターで紐付け登録し、伝票を受領しながら、本人に RF タグを配布する。

平常時と災害時共通で使用するためには、ハンディ型のリーダーライターが最適であり、登録に当たっては、避難者の精神的ケアやコミュニケーションを図りながら、ボランティアや被害がない近隣市町村からの協力等により行うことが考えられる。

また、避難所の出入り口に同じシステムの簡易ゲートを設置して、避難所間の移動など人の動きを自動的かつ大まかに把握することができる。

なお、災害本部のサーバとリアルタイムで通信できる状況が望ましいが、災害直後には一般的な通信が確保できない場合も想定される。そうした場合は避難所で収集した登録情報を例えば一日に一回災害対策本部に運んでそこで登録するなどの方法で災害対策本部のサーバに被災者の情報を登録することにより、紙の集計に比べリアルタイムに近い状況把握を行うことができると考えられる。

この方法で被災者の状況を把握するための基本情報を収集する場合、食料や水の配給といった日々の配給数量も概ねこれを参考として判断し、避難所によって配給の充足状況が偏るといった問題がある程度回避できると考えられる。

例えば、実際の配給の際にハンディ端末で受け取った人の RF タグを読み取るなどの手続きを定めておけば、配給した数量に対する過不足などの充足度が推測でき、次回の配給の数量を加減するなど適切な配分が可能となる。

さらに、保管している RF タグとハンディ型リーダーライターは、避難所において救援物資の情報管理にも活用できる。

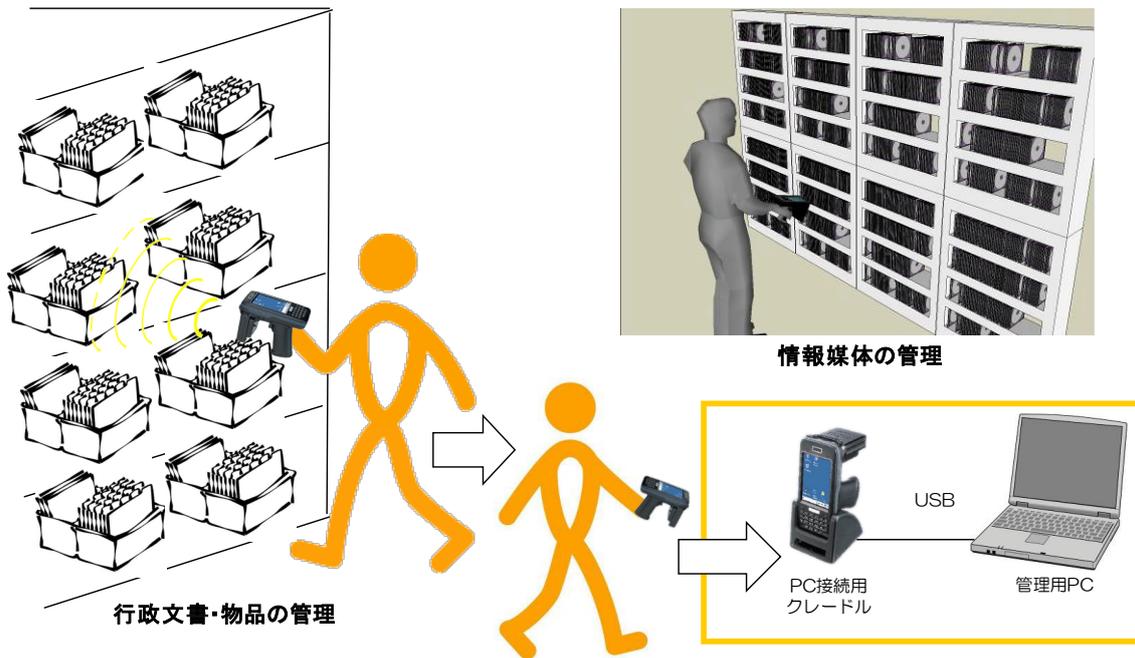


図 5-15 平常時の利用例（行政文書や物品の棚卸及び探索）

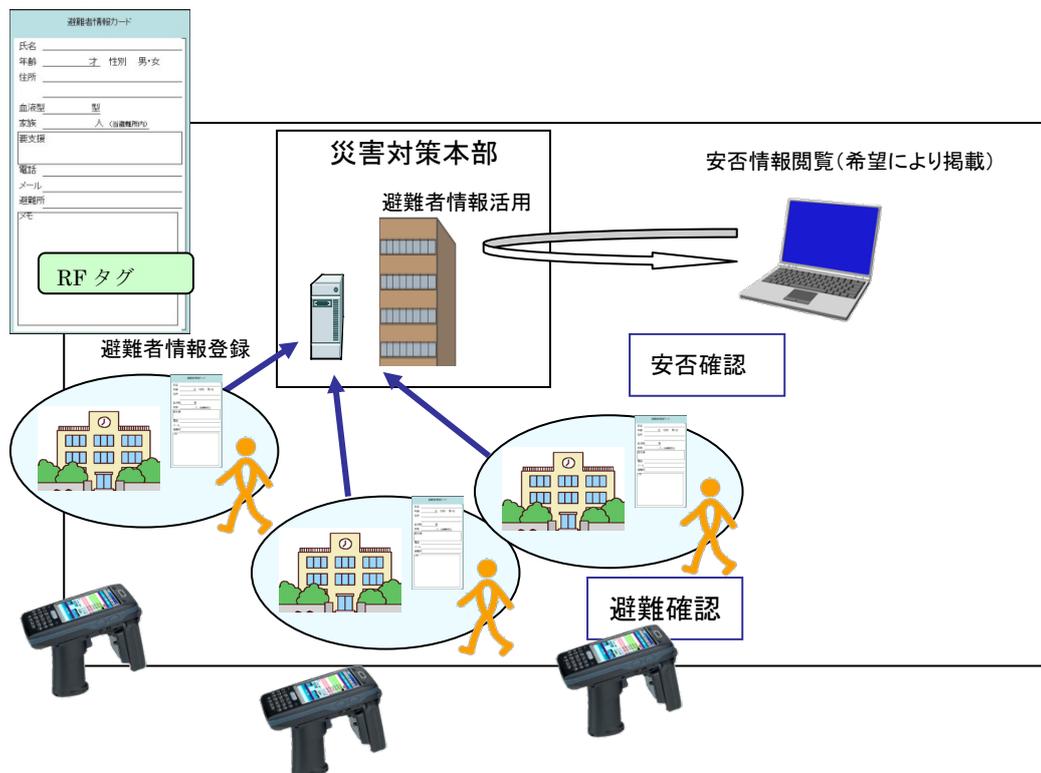


図 5-16 災害時の利用イメージ

5. 3. 3 システムの利点

避難者把握の手段としては、避難者が所持する運転免許証等の活用も考えられるが、これらの免許を持たない方への対応や、避難所に集まった人の数や移動状況を把握するといった情報収集の観点から、共通の手段により把握できる RFID を使用するメリットは大きい。

避難所には、指定された地域住民のほかに地区就業者や観光客等の被災者、あるいは別の地域の住民の流入が考えられ、これらについても避難所で新たに登録・発行することにより、よりきめ細かな行政サービスが行える。

このほかに、避難者毎に安否情報の公開可否を登録して、遠隔の知人や親類などに避難者自身の居場所や状況を閲覧させるといったサービスの提供も考えられる。

ただし、これらの個人情報の取り扱いには、本人の合意も含め慎重な対応が必要とされる。

5. 3. 4 システムの課題と解決手段

このシステムでは、避難所毎の大まかな状況を容易に情報収集し、把握することができるが、避難者情報を 100% 正確に把握することは困難と思われる。

よって、このシステムの運用においては、収集した情報を参考に現場の状況に応じた運用をする必要がある。例えば、このシステムで登録された人数分の食料を各避難所に配給しても不足することは十分に考えられる。配給初日においては少し多めに配給し、過不足状況の情報を収集して次回配給する数の見当を付け、あるいは食料が不足するようであれば登録された人数を参考に配分するという考慮が必要である。

避難所によっては登録が機能せず、極端に少ない人数の情報しか集まらない可能性もある。普段から災害訓練やシミュレーションを通じて災害時にこのシステムを活用するための運営ノウハウを蓄積しておき、災害時に有効に活用できるよう備える必要がある。この運用に当たっては被災者の理解を得て協力してもらえよう、特に災害時のデリケートな感情を考慮して納得して受け入れられるような配慮が必要である。

また、食料などの救援物資より先行して RF タグ配布を実施すると、被災者に余計な負担を強いるような印象を与え、感情的に受け入れられないなどの支障が生じる可能性も考えられるので、現場での運用については、普段の避難訓練などを通して十分に適切な方法を見出しておく必要がある。

5. 4 倒壊等危険家屋情報のリアルタイム収集システム

5. 4. 1 システム導入の背景

大規模震災の発生後には、地域における家屋の損害状況を速やかに把握し、二次災害の防止を図ることが重要である。

内閣府では、「大規模災害時における住家被害認定業務の実施体制整備のあり方について―事例と例示―」(図 5-17)の中で、人命に関わる二次災害の防止を目的とした応急危険度判定について、被災後直ちに家屋の応急危険度判定士(調査員)を派遣して実施するとしている。

この応急危険度判定は、家屋ごとに判定した結果を災害対策本部に持ち寄り集約されるが、災害対策本部においては、できる限りリアルタイムで地図上に現地の危険家屋情報を表示、利用できることが求められる。

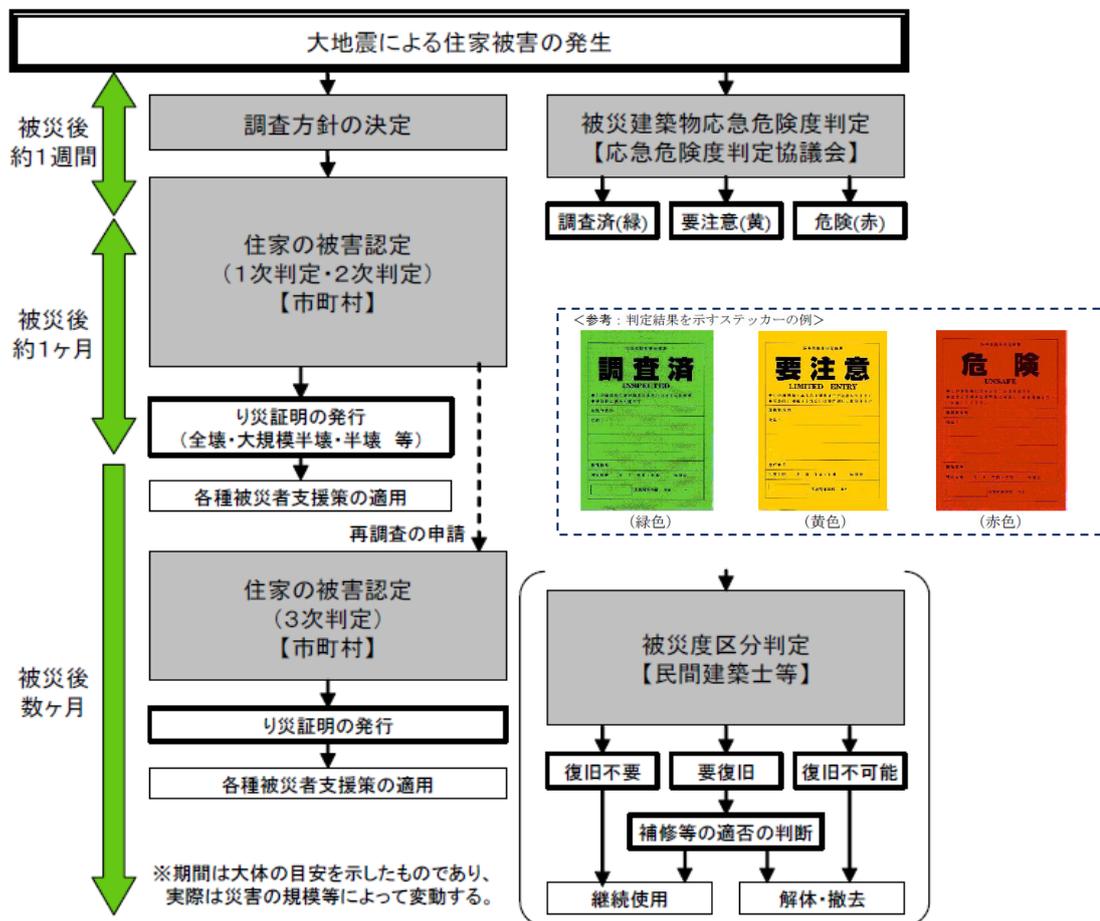


図 5-17 大地震発生後の建物被害調査の実施の流れ※
(住家の被害認定、被災建築物応急危険度判定等)

※出典：大規模災害時における住家被害認定業務の実施体制整備のあり方について―事例と例示―
(内閣府・大規模災害時における住家被害認定業務の実施体制整備に関する検討会)

また、応急危険度判定と別に市町村が行う住家の被害認定に係るり災証明書発行業務(図 5-17 左側の流れ)については、災害の規模に応じて一時的に非常に多くの相談や認定申請が集中する。

住家の被害認定に係るり災証明書については、新潟県中越沖地震の際には、図 5-18 のとおり毎日 1,000 件から多い日で 1,500 件を超えるり災証明書発行の受付がありそれぞれ対応が行われた。

住家の被害認定は再調査希望の申込みを含めて数回にわたる場合もあり、これらに伴う証明書発給申請の受付及び発給事務の迅速化・効率化を図るため、情報通信システムの利用により、認定の参考となる応急危険度判定時の情報のすみやかな検索、閲覧が求められる。

り災証明書の発行 毎日1000~1500件、1ヶ月間

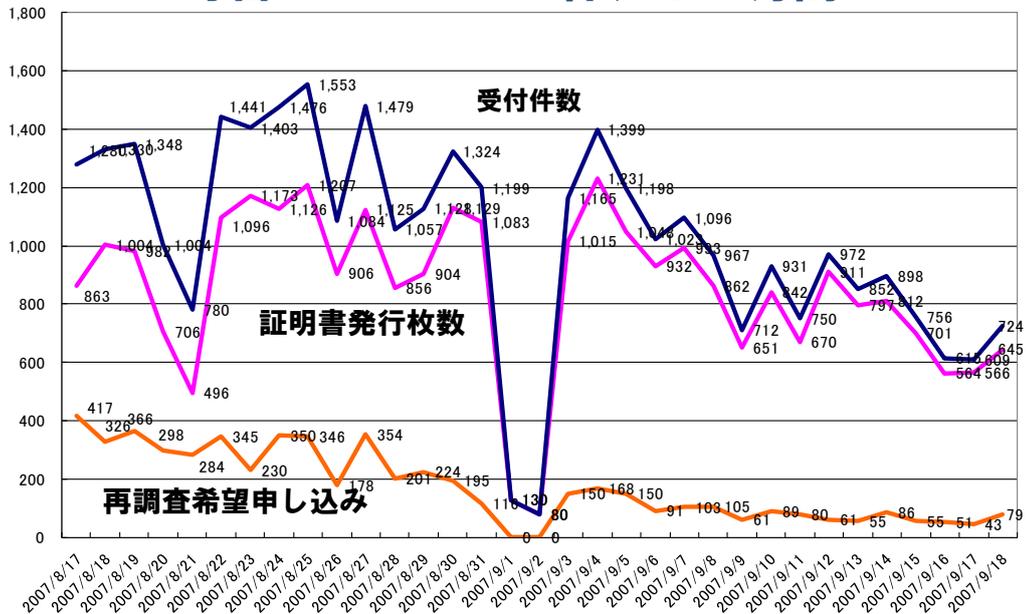


図 5-18 新潟県中越沖地震後のり災証明書受付・発行状況*

※出典：「ICT（情報通信技術）を活用した防災・減災セミナー」（平 23(2011).1.28 松本市）
講演資料（新潟大学災害復興科学センター 井ノ口宗成氏）

5. 4. 2 システム概要と活用イメージ

被災地域に派遣された家屋の応急危険度判定士（調査員）に RFID の読み取り機能、GPS、モバイル通信機能を備えたハンディ端末を所持させ、モバイル通信*により、端末に入力した判定結果、家屋に貼付する RF タグの情報、GPS 位置情報、家屋の写真を紐づけてサーバに蓄積することで災害対策本部において地図上でリアルタイムな危険家屋情報の把握、利用を可能とする。

また、後日、市町村が行う住家の被害認定業務においても、派遣された市町村職員が所持する端末で RF タグの ID を読み込み、サーバにアクセスして震災発生後に危険度判定対象となった家屋の情報を参照して被害認定対象候補となる家屋の所在等の情報を参照することも考えられ、被害認定判定作業にそれらの情報を活用することも可能である。

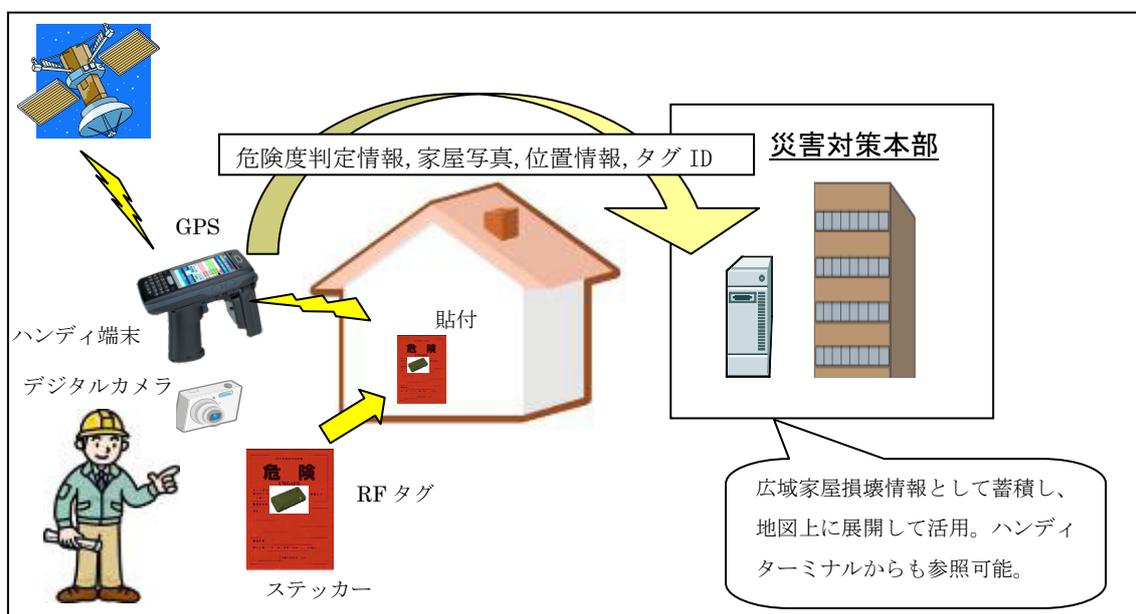


図5-19 倒壊等危険家屋情報のリアルタイム収集システムシステムイメージ

*モバイル通信は、衛星携帯電話、地上携帯電話網など適宜選択して利用が可能であり、ネットワークがつかない場合はハンディ端末を持ち帰って登録する。

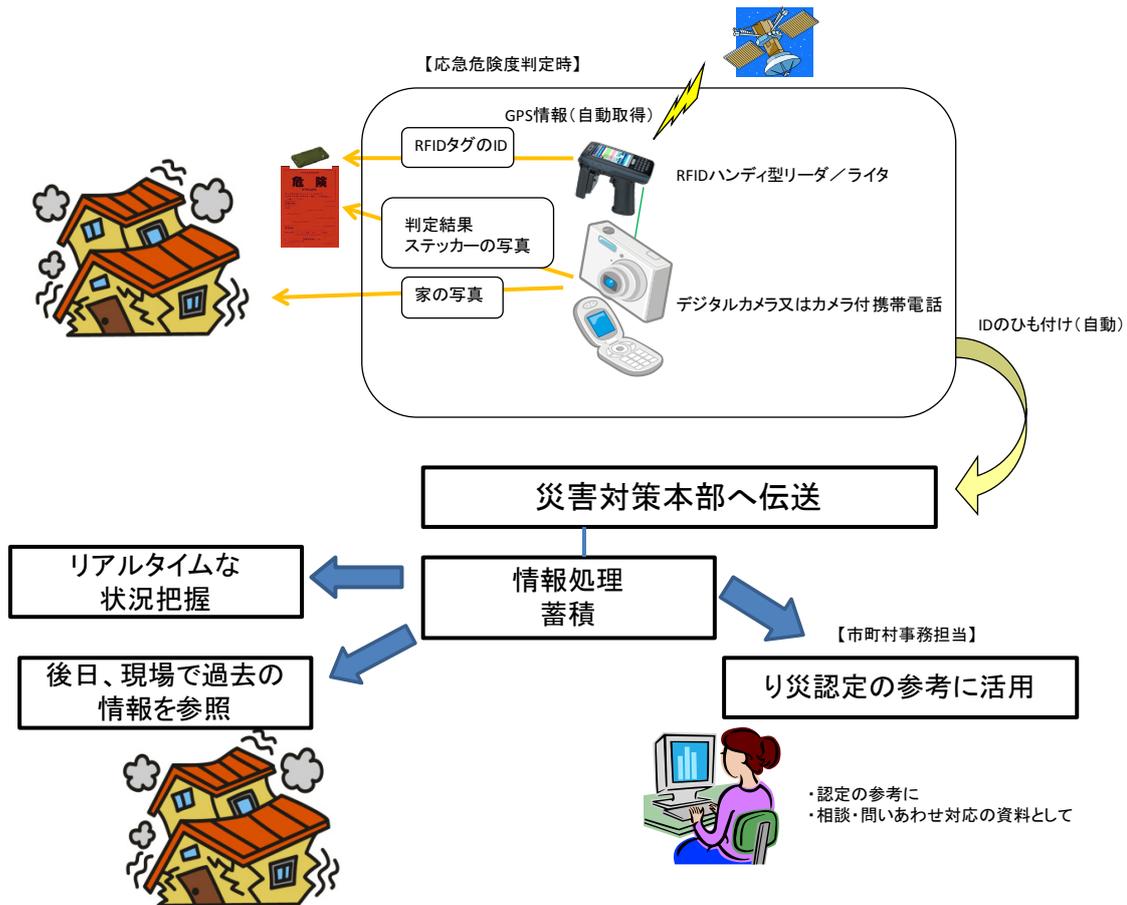


図 5-20 取得する情報とその活用のイメージ

データの登録手順は以下のとおりである。

- ・ 危険度を判定後、危険度判定ステッカーと RF タグを対象家屋に貼り付ける。
- ・ ハンディ端末で RF タグの ID を読み取り、GPS 位置情報を取得する。
- ・ 危険度判定結果用紙及び家屋をデジタルカメラで撮影し、これらの情報をハンディ端末上で紐付けしてサーバに送付する。

通信網が使えない場合はハンディ端末を持ち帰って登録する。

5. 4. 3 システムの利点

- ① RF タグとステッカーを併用することにより、判定結果、対象家屋の所在などの情報を電子データとしてひとまとめにして登録することができるようになり、後で活用する際も RF タグを読み込むだけで関連情報を呼び出して使うことが容易にできる。
- ② 地震などの災害現場において対象家屋の住所の確認が困難であっても GPS によって位置情報を取得し、データと関連づけして登録しておくことにより、データを収集することによって地図上に情報を可視化でき、被害の分布などの状況を把握することが容易にできる。
- ③ RF タグは屋外への設置が必要となるが、バーコード等の光学式読み取り方式と比較

して、屋外で有るが故に風雨による汚れや光線による読み取りに支障が出るといった問題を回避できる。また、ある程度離れたでの読み取りも可能である。

- ④ 市町村が行う住家の被害認定業務において、対象となる家屋の位置や危険度などの応急危険度判定の情報やデジタルカメラで写して保存したデータを、り災証明書発行窓口での相談等において参照できる。

5. 4. 4 システムの課題と解決手段等

- ① 地形等により GPS 衛星が見通せない場所では位置が特定できない場合や正確な位置情報を取得できない場合がある。そのような場合に備えて、ハンディ端末上で地図を表示して概略の位置を入力できるようにするほか、登録後の位置情報を地図上で修正することができるような仕組みが必要である。
- ② ステッカーにペンで文字を記入して控えを持ち帰るといった従来の手順に対して、ハンディ端末の操作については、事前に調査員が習熟している必要がある。普段の講習や簡易なトレーニングを実施して調査員資格の更新を義務づけるなど運用において工夫が必要である。
- ③ このような情報通信システムの導入に当たっては、市町村等、自治体によって対応が異なると広域災害時には混乱が生じると考えられるため、ある程度広域で防災システムを共通化しておき、システムにアクセスできない自治体については、一元管理された情報を逐次各自治体に配布するなど、実際の運用が的確に行えるよう配慮する必要がある。
- ④ 層破壊を起こした建築物等は、応急危険度判定用紙を貼ることができず、また、すぐに撤去される建物も想定されるので、そのようなケースについては、あらかじめ RF タグは使用せず写真等によるデータ集約のみを行うなどの取り決めが必要である。
- ⑤ 本システムの利用に当たっては、システムの使用を前提とした判定業務の標準的スキームを構築する必要がある。また、防災システムなどを導入せずに、紙地図などのアナログツールだけで災害対応を行っている市町村にも対応できるよう、本システムの実用化にあたり、運用面での標準化に加え、各市町村が持つ異なる防災システムもしくはアナログツールなどとの関連性を整理し、システム構築を行っていく必要がある。
- ⑥ 建物以外（がけ崩れ、道路の陥没）にも対象を広げることにより、危険箇所等の有効な収集情報の一元管理が可能である。

こうした場合は、図 5-21 のようなプラスチック製の標識杭や測量杭の内部に RF タグを埋め込み、利用することが考えられる。



図 5-21 標識杭の例

5. 5 徘徊老人の外出等検知システム

5. 5. 1 システム導入の背景

徘徊老人のように高齢者の家族が突然いなくなる場合、家族総出で探す必要があるばかりか、地域（警察、消防団）を上げた捜索も必要となる可能性もあり、多大な労力を要する。そこで、徘徊老人が家族又は介護者を伴わず外出した場合に、自動的に検知してアラームを発するシステムが有用であり、自動検知に RFID の適用が考えられる。

5. 5. 2 システム概要と活用イメージ

このシステムでは、対象者に RF タグを所持させる場合と、家族・介護者が RF タグを所持する場合の 2 つに大別される。

さらに、対象者に RF タグを所持させる場合は、地域に検知用システムの基本インフラがある市町村の場合、そのシステムを利用して検知しアラームを発する方式（システム例 1）と、基本インフラが無い場合、対象者が外出時に各家庭や病院において設定した検知エリアを通過する際に検知しアラームを発する方式（システム例 2）の 2 通りが考えられる。

一方、家族・介護者が RF タグを所持する場合は、RF タグを持たない対象者が設定した検知エリアを通過した際に RF タグを所持しないことを検知し、アラームを発する方式（システム例 3）が考えられる。

システム例 1～システム例 3 の概念図をそれぞれ図 5-22～図 5-24 に示す。

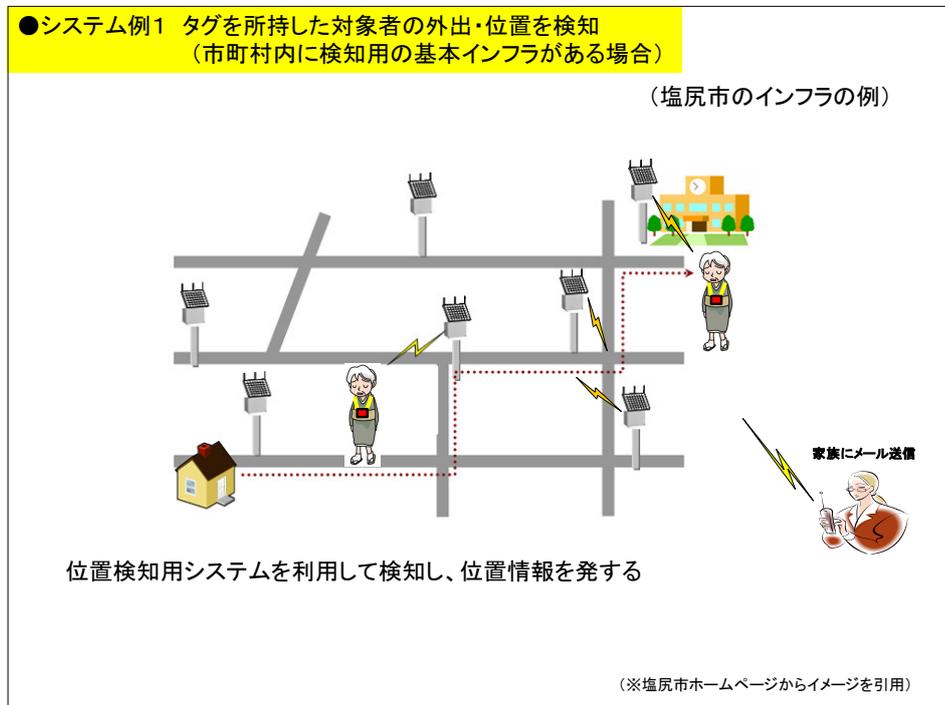


図5-22 システム例1：RFタグを所持した対象者の外出・位置を検知
(市町村内に検知用の基本インフラがある場合)

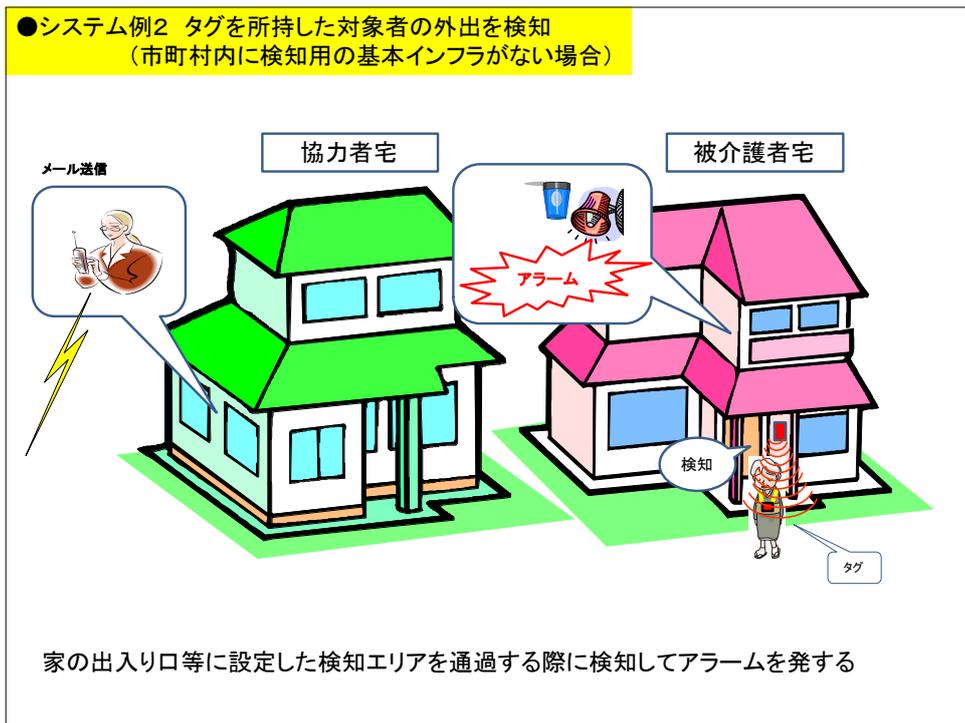


図5-23 システム例2：RFタグを所持した対象者の外出を検知
(市町村内に検知用の基本インフラがない場合)

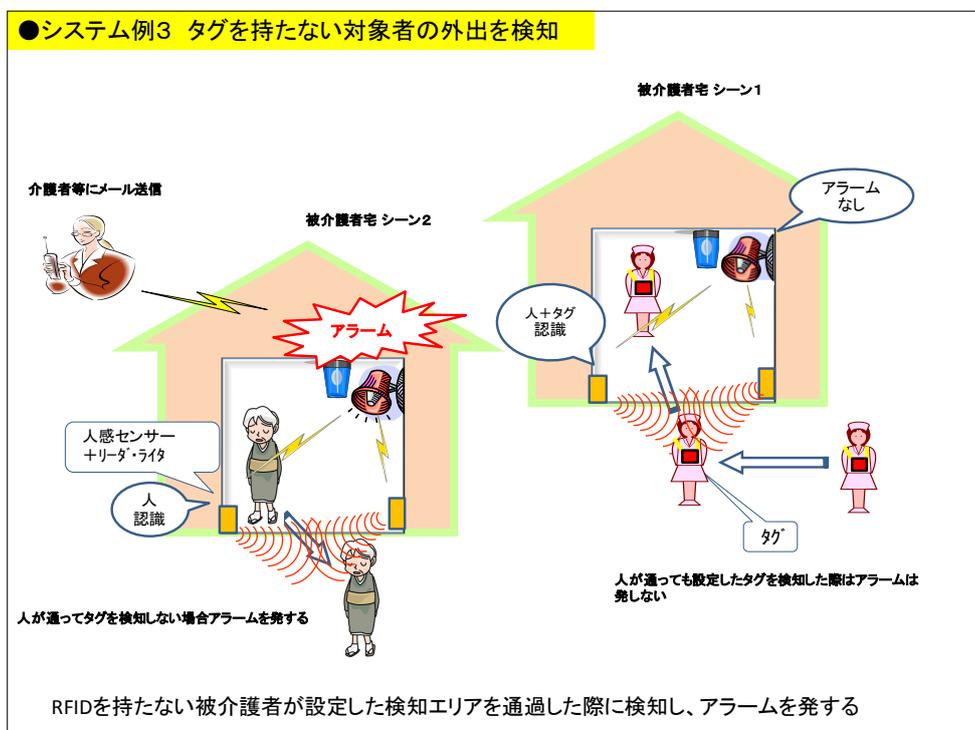


図5-24 システム例3：RFタグを持たない対象者の外出を検知

5. 5. 3 システム構成例

システム構成例を図 5-25 に示す。システム例 1~3 の共通事項として、検知された情報はインターネットを介して介護者や協力者宅に携帯電話等で通知される。以下、各システム例の特徴を記述する。

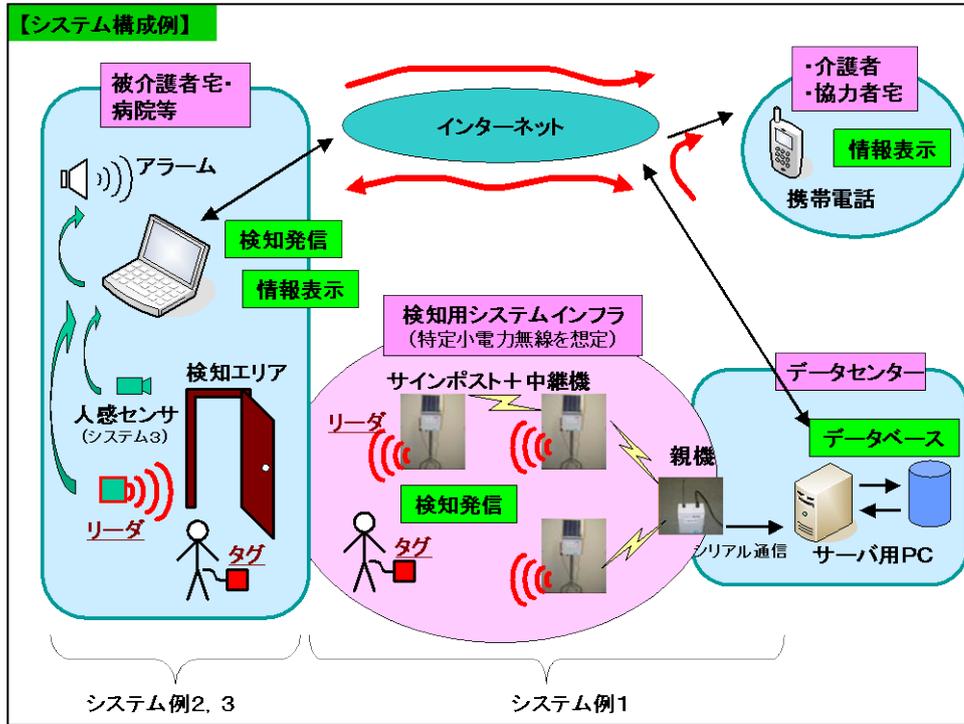


図5-25 システム構成例

① システム例 1

検知用システムインフラがある場合であり、RFID リーダのあるサインポストは数百メートル間隔で設置されることからアクティブタグシステムが適当である。サインポストで検知された情報は特定小電力無線を想定した無線伝送で中継器・親機を介してデータセンターのサーバに伝送される。外出した後に、対象者の所在を見つけるのに有用である。

塩尻市では、一般財団法人塩尻市振興公社が事業主体となり、平成23年度から「生活活動センサネットワークによる独居老人などの安心見守り事業」の試行的運用を開始する予定である。

平常時における RFID 利活用想定の一例として、本システムの一部を RF タグシステムに置き換えることにより、本システムと同様の利活用が考えられる。

(参考) 老人等の安全、安心確保(独居老人世帯等の安心見守りシステム事業)

生活活動センサを利用し、高齢者など独居世帯住民の自宅での生活活動の見守り、外出時はセンサを携帯することで位置情報の確認、緊急通報、また火災報知器とセンサの接続で不在宅の見守りをする。さらに、生活活動認識システムにより、センサ毎に設定した閾値を判断し、自動的に家族・地域コミュニティ等に緊急連絡を行う。

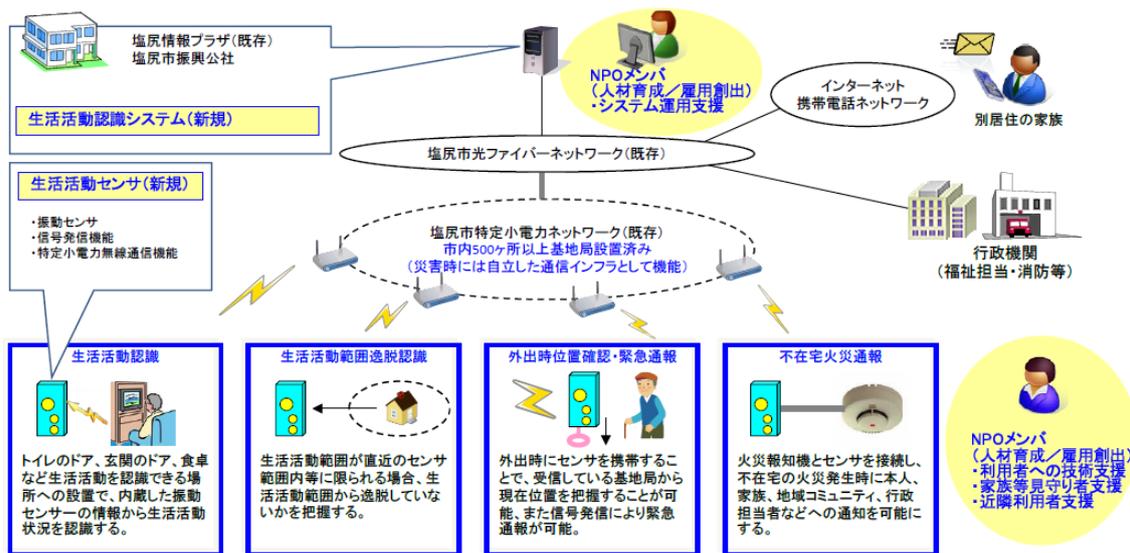


図 5-26 独居老人世帯等の安心見守りシステムイメージ

② システム例 2

被介護者宅・病院等の出入りに検知エリアを設け、RFID リーダライタを設置する対象者が検知エリアを通過する際に RFID を読み取り、アラームを発する。対象者の外出を早期に検知するのに有用である。

③ システム例 3

被介護者宅・病院等の出入りに検知エリアを設けることはシステム例 2 と共通だが、検知エリアには RFID リーダの他に人感センサなどを設ける事が異なる。まず人感センサで検知エリアの人の通過を検知し、その際に介護者が所持する RFID を読み取り、RFID が読み取れない場合は対象者が通過したとみなし、アラームを発する。対象者が RF タグを所持できない場合に有用である。

5. 5. 4 システムの課題と解決手段

システム例 1, 2 の場合は、徘徊老人に RF タグを意識させずに確実に所持させることが一番の課題である。徘徊老人の行動は予測できないことから、衣類または履物等に装着しておくことが考えられる。しかしながら、徘徊老人の中にはパジャマや裸足で外出する例もあり、その場合は日常より所持させるためには、手首、足首等に装着させる必要がある。これにはパッシブタグが適しているが、地肌に密着させると伝送距離が著しく短くなる結果も出ていることから、密着させない工夫も必要である。また、RFID リーダは、出入り口等に洩れなくゲート等の整備が必要であること、また、ゲートが整備された場合でも、ゲートにおいて RF タグが人体に隠れる等の状態であれば、検知できない可能性もあるため、人に付けた RF タグを常時検知しておいて、一定時間検知しなくなった場合にアラームを上げるといった手段との組合せも想定し、検討する必要がある。

また、システムとしては、アラーム検知後、ドア施錠などと連動する積極的な制御が考えられるが、安全性や人道的見地からの検討が必要になる。

徘徊老人の場合は痴呆を伴うものと思われるが、その状態に応じてシステム例 1 ~3 を如何に使い分けることが今後の課題となる。

第6章 まとめ

本章では、前章までの検討結果を踏まえ総合的に課題を考察し、RFIDの普及に向けて展望する。

6. 1 今後の課題

① パッシブタグについて

基礎実験の結果により、人体や、アンテナとRFタグの角度、各種障害物（金属、コンクリート、合板、瓦礫、雪）等の影響について、定量的な測定結果が得られ、災害時の捜索支援として、パッシブタグの使用が可能であることを確認できた。

ただし、全ての災害時の状況を網羅している訳ではないので、実用に際しては、更なる詳細な調査・検討が必要である。

実験に際しては形状が大きなRFタグで良好な結果が得られているが、実際に常時携帯可能なサイズ、耐久性を持った専用のタグの開発が必要となる。

また、その際は、常時携帯される必然性を高める意味で、災害時専用のシステムとするのではなく、日常の行動での利便性を持つ他の用途のカードとしての機能を持たせる等の仕組みが必要である。

② アクティブタグについて

基礎実験の結果により、アクティブタグは各種障害物に関わらず、捜索に十分な通信距離を得られることが確認できた。通信できる期間が限りある電池寿命によることや、サイズをより小型にできるか等の課題があるが、これらは技術の進歩により近々に解決可能と想定できる。

本報告でも提案しているように、パッシブとアクティブの両方の特長を併せ持ったハイブリッド型のタイプが、確実なる被災者の早期発見のために有効と考えられる。

なお、できる限り同一場所で多くの機器が使用できるよう、パッシブタグシステムとアクティブタグシステムで使用する周波数帯の分離について技術的な検討が望まれる。

③ リーダライタについて

基礎実験を踏まえると、UHF(950MHz)帯のハンディタイプパッシブタグ用リーダーライタは持ち運びが自由であり機動性に富むことから、災害時に屋外の使用が想定される災害時捜索支援システム、トリアージリアルタイム通報システム、避難者把握システム及び倒壊等危険家屋情報のリアルタイム通報システムのいずれにも適している。

実験結果を踏まえると、捜索支援に使用する際には、パッシブタグで瓦礫等の下から被災者を検知するには、リーダーライタの空中線電力がより高い方が確実な捜索が可能となるため、被災者捜索等の生命に関わる条件下では、移動する形態でより高い空中線電力が求められるところである。

こうした場合の対応として、今後、非常災害時には使用場所を限定しない、移動する高出力型の無線局等の新たな制度化の検討が望まれる。若しくは、普及促進を図る観点からは無線局免許・登録が不要となることが望まれるので、防護指針を踏まえながらリーダーライタの無線局免許又は登録を不要*とする技術的・制度的な検討が望まれ

る。

また、上記②同様、できる限り同一場所で多くの機器が使用できるよう、パッシブタグシステムとアクティブタグシステムで使用する周波数帯の分離について技術的な検討が望まれる。

④ RFID のシステム間のインターフェースの標準化等について

第 5 章で提案した各システムは、地域の安心安全を守る上で有効活用が図られるものとするが、個別に整備される RFID のシステム相互において RF タグなどハードウェアに互換性があり、インターフェースを標準化して共通に利用できればさらに有用なシステムとなると思われる。

また、大規模災害発生時には「情報の輻輳や混乱」が予想されるが、ソフトウェアを含むインターフェースの標準化を行うことにより、被災者、避難所、負傷者（搬送先）、ボランティア、捜索隊、支援物資などの情報を統合的に管理して、情報が様々な部署で活用できる図 6-1 のような「災害支援の統合化」が図られる。

この実現のためには、様々な端末、機器、情報を扱うための「共通的なインターフェース」の整備が必要であり、自治体、警察、消防、地域団体、学校、施設、地域病院、各種メーカーなどで共通的な検討が望まれる。

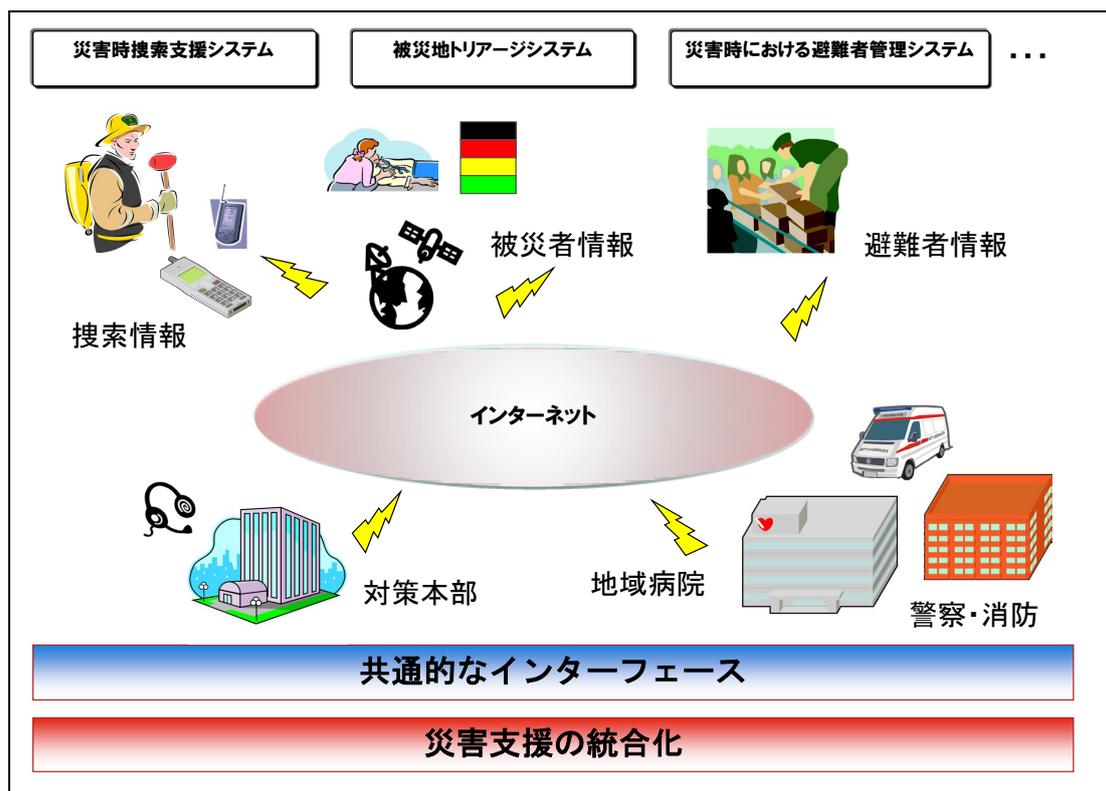


図 6-1 災害支援の統合化のイメージ

※平成 22 年(2010 年)の電波法改正により、技術基準に合致することを条件に免許等を要しない無線局の空中線電力の上限は 1W となっている。

6. 2 将来の地域・防災クラウドシステムへの発展

前述のインターフェースの標準化に加え、災害発生時に地域インフラの倒壊とともに災害対策本部自体が機能を失うことがないように、インフラであるシステムやデータベース、ネットワークはできる限り広域で利用できることが望ましい。また、技術開発によって災害対策システムを維持するためのコスト及び要員の減少が図られれば、さらにシステム導入が推進されると思われる。

そこで、将来は、地域や防災をキーワードとした図 6-2 のクラウド型の「地域・防災クラウド」のように、平常時の行政サービスも含みシステムをクラウド化することが考えられ、以下のような効果により、一層の普及促進が期待できる。

- ・各自自治体・団体などにおいて、システムメンテナンスなどの手間が省けコスト面で効率的になるとともに、維持管理のための要員の配置が軽減される。
- ・災害発生時に、災害対策本部が必要とする情報の管理や分析が分散できるとともに、リスクの分散が可能である。
- ・平常時から利用される地域住民サービスに RF タグが利用されれば、RF タグを携行する必然性や、RF タグに対する付加価値が増大する。

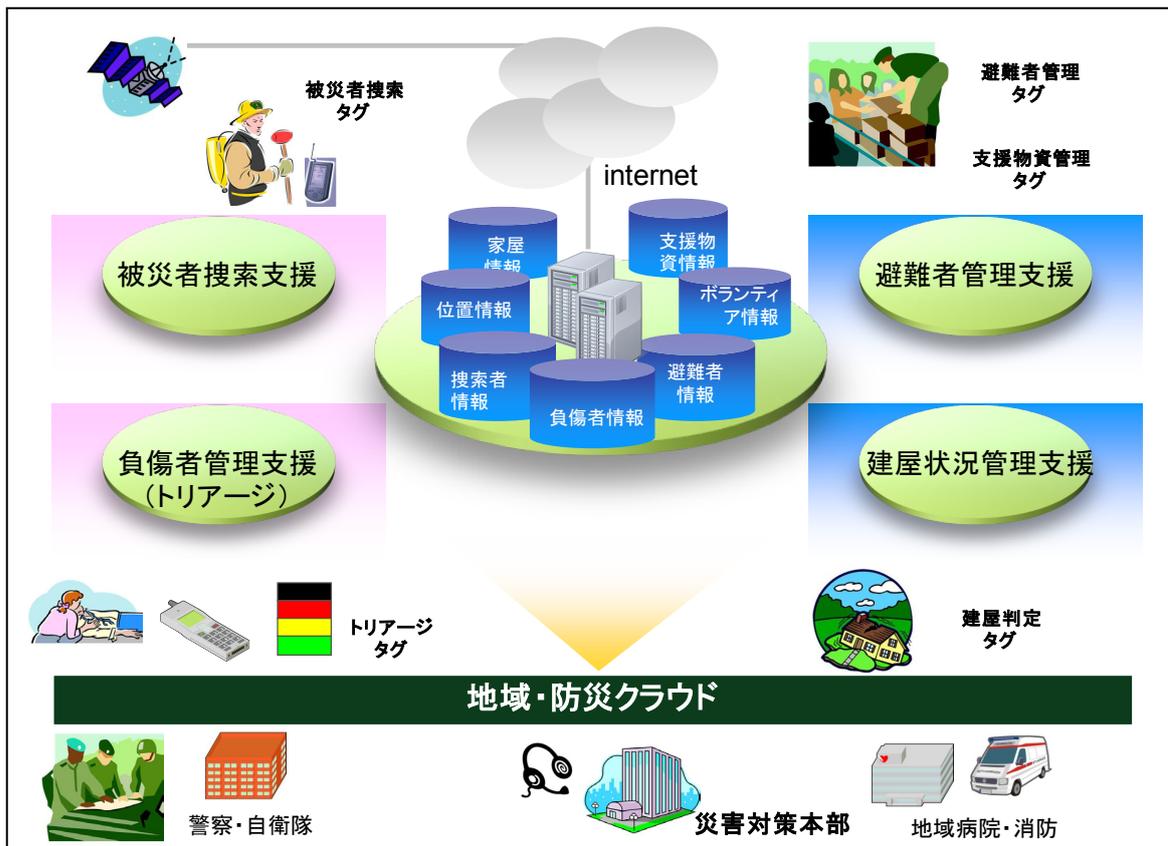


図6-2 地域・防災クラウドのイメージ

6. 3 今後の普及に向けて

- あらゆる災害等から市民一人ひとりが安全で安心して暮らせるよう、今後も引き続き RFID の活用を模索し、様々な不安要因の解消に努める必要がある。

RF タグをなんらかの形で携帯すること又は貼付させることで、非常災害時等にリーダライタに情報が伝わり情報の共有や活用ができるシステムに有効性や可能性を見出すことができ、地震発生が懸念される地域の問題解決に向けた一助になるのではないかと考える。

助けられる側、救援、救護側双方にメリットを見いだせる RFID の持つ可能性に期待したい。

- 地域の安心安全のための RFID の今後の普及にあたっては、平常時に利用しているシステムが非常災害時に活用できる形態として導入されることが望ましい。

さらに、誰でも利用しやすいシステムであるためには、わかりやすい操作性も求められる。視覚から直感的に把握できる地図の利用が有効であることから、全国どこでも発生する可能性があり広域対応を必要とする災害時等に対処できるよう、インターフェースや GIS（地理情報システム）の広域的な整備や標準化に期待したい。

今後の標準化等を含め、国、自治体、地域が相互に連携、協力体制を築きながら、ともに知恵を出し合い推進する必要がある。

- 一般が入手しやすく、使いやすいツールにより自然な利用が出来るとその普及効果は大きい。

携帯電話に組み込まれるリーダライタの開発は、こうした動きを助けるものであり、利用するためのソフトウェア等についても、セキュリティに配慮しながら、汎用のものが安価又は無料で誰でも簡単に入手できるようになることが望まれる。

これらの拡大や将来のシステムのクラウド化に伴い、RF タグやリーダライタがさらに低廉化することが期待される。

- 平常時から対象者が RF タグを携帯して利用するシステムについては、対象者にいかにして常に携帯してもらえるかという課題解決も重要となるが、救助現場において RF タグから素早くピンポイントで場所の特定をすることが期待できるシステムは、人の生命にとって最も配慮を要する早期に救出しなければならないという救出する側の命題の解決に向けた1つの方法になり得るのではないかと考える。

今後は、さらに様々な被災者の状況把握に関する実証実験を行いながら、RF タグとリーダ間の伝搬距離の拡大など技術的な発展を含め、より有効で、より普及が見込まれるシステムの導入に向けた検討が望まれる。

■■■ 資料編 ■■■

■基礎実験の内容と結果（詳細）

1. 全体概要

1.1. RF タグの読み取りの仕組み

パッシブタグシステムは、RF タグ自体は電池等の動作電源を持たずに、リーダ[※]のアンテナからの電波の放射を受けて起電して返信動作を行うシステムである。

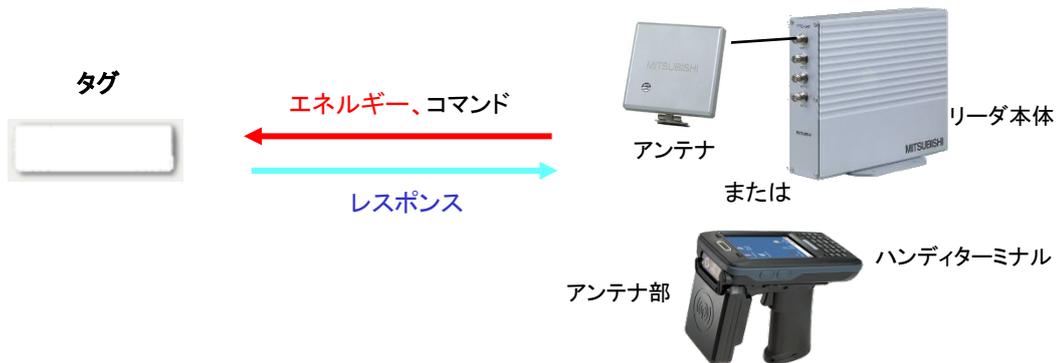


図1 950MHz パッシブタグシステムの仕組み

一方、アクティブタグは、信号の送信機が自らの電源を使って発信した信号を受信機で受け取る、RF タグ自体が電池駆動で信号を発信する機能を備える方式であり、パッシブタグのレスポンス信号に比べて大きな電力を送出することができるため、パッシブタグと比較して遠隔から信号を読み取ることができる。

1.2. 実施した実験等の概要

実験では、パッシブタグシステムにおいて、RF タグを読み取るリーダのアンテナとRF タグが見通せて間に障害物が無い状態、すなわち自由空間における読み取り評価を行うとともに、パッシブタグシステムとアクティブタグシステムにおいて、障害物のある場合について、RF タグが瓦礫や建物の壁（コンクリート、石膏ボード、合板等）又は雪の下に隠れた状況を模擬して読み取り評価を行った。また、パッシブタグシステムとアクティブタグシステムを近傍で使用する際の相互の影響を調べた。

※「基礎実験の内容と結果（詳細）」においては、ライター機能を使用していないので、「リーダ」と記す。

2. 自由空間における 950MHz 帯パッシブタグシステムの電波伝搬実験

障害物を介さない状態でのパッシブタグの基本的な読み取り特性(読取距離)を調べた。

2.1. 実験概要と RF タグの読取距離の測定方法

2.1.1. 実験項目

電波暗室において、UHF 帯(950MHz 帯)パッシブタグシステムの国内規格の高出力型(最大 1W)及び中出力型(250mW)相当のリーダーにより、以下の場合における RF タグの読取距離を測定した。

- ① リーダーと RF タグを正対して設置した場合
- ② リーダーと一定距離において、RF タグの垂直及び水平方向の距離を変えた場合
- ③ リーダーに対する RF タグの角度を変えた場合
- ④ RF タグを人体に取り付けた場合(RF タグと人体との距離による変化を測定)

この実験では、パッシブタグシステムの周波数使用チャンネルを Ch8:952.4MHz とし、通信方式は MS 方式とした。MS 方式はリーダーの送信チャンネルに対して、RF タグが両隣のチャンネルを使って応答する通信方式である。

2.1.2. 測定系全体

できる限り反射波等の影響を避けるため、電波暗室内に RF タグの読み取り距離の測定系を設置して実験を行った。図 2 にその全景を示す。

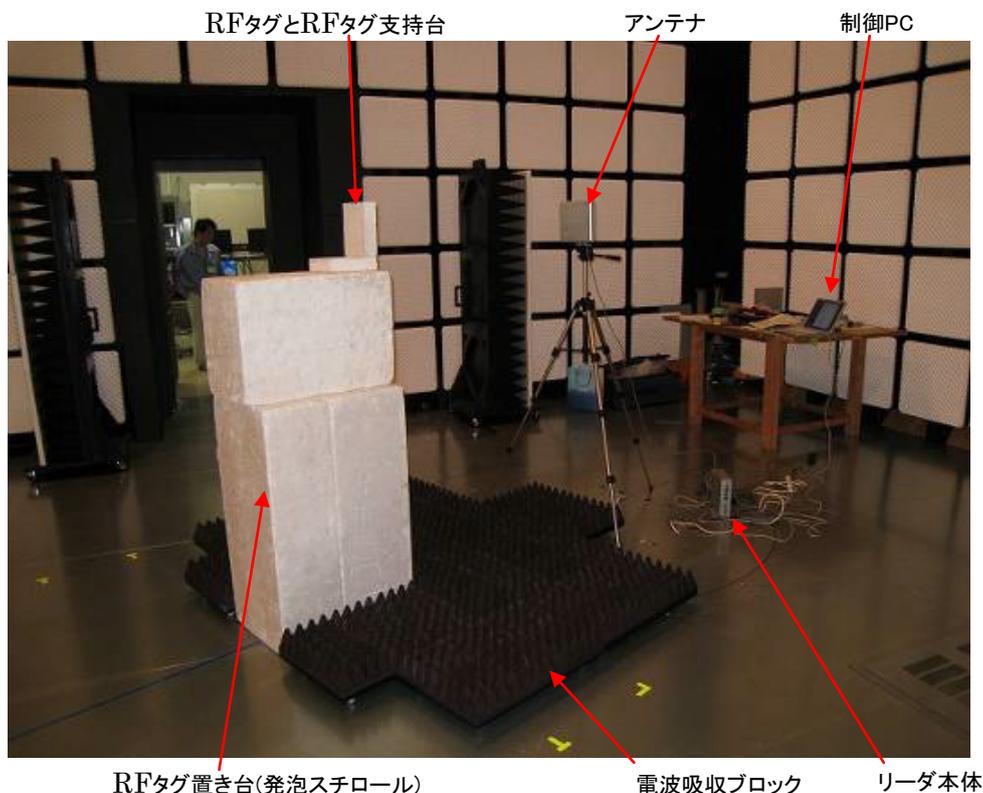


図 2 測定系全体

2.1.3. 実験対象の RF タグ

本実験は、インレットタイプ、及び金属対応タイプそれぞれ 3 種類の RF タグを用いて実施した。

ここでは、紙ラベルにインレットを貼り付けた簡易な構造の RF タグをインレットタイプと呼ぶ。なお、インレットとは、ポリプロピレンフィルム等の基材の上にアンテナの機能を果たす銅箔を形成し、IC を実装したものであり、カード型やシール型などの形状に加工して使用されることが多い。また、一般的に金属等に貼り付けると読み取りが困難となる。一方、金属対応タイプはこういった特性を考慮して金属面に貼り付けて用いても一定の読み取り性能を発揮するよう設計された RF タグである。

インレットタイプの RF タグ 3 種

(以下、大きさに応じて
「Label-S、Label-M、Label-L」と記す。)

Label-S : SC3001275 Web X (54×34mm)

Label-M : SC3001858 Belt (73×17mm)

Label-L : RF-TGP005-W (75×22mm)

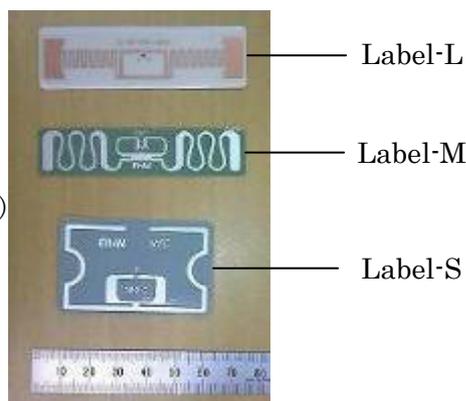


図 3 インレットタイプの RF タグ

金属対応タイプの RF タグは、一般的には金属に貼り付けないで使用した場合は読み取り性能が大幅に落ちる傾向にあるが、ここで採用した金属対応タイプの RF タグは、貼り付ける対象の材料に大きく依存しない特長がある。また、屋外での実験に使うため、防水機能を備えていることも考慮した。

金属対応タイプの RF タグ 3 種

(以下、大きさに応じて
「Metal-S、Metal-M、Metal-L」と記す。)

Metal-S : Prox-GS (50×16;t=8.4mm)

Metal-M : Flex-JPN (100×21;t=7.2mm)

Metal-L : Max-JPN (104×33;t=8.4mm)

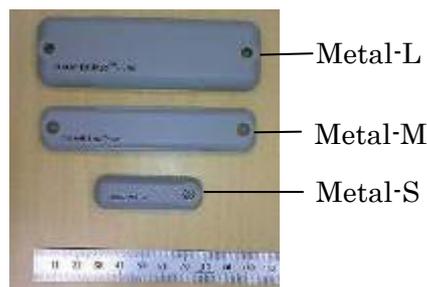


図 4 金属対応タイプの RF タグ

2.1.4. RF タグの支持方法

発泡スチロールのブロックを重ねた台の上に、同じく発泡スチロールで組んだ支持台(図 5)を設置し、これにクラフトテープで RF タグを固定して取り付けた。発泡スチロールは、電波の反射・吸収が極めて小さく、空気と同等と見なすことができる。これによって RF タグが空間上に単独で存在する状態を模擬する。



図 5 RF タグの支持台

2.1.5. RF タグの読取距離及び認識率の測定方法

本実験では、電波暗室内に設置したリーダのアンテナと RF タグ間の距離を予め固定しておき、リーダに与える減衰を変化させることにより、その読み取り限界点を調べ、その時の減衰分を空間減衰に換算してリーダの最大出力時(高出力で 1W、中出力で 250mW)の RF タグ ID の読取距離をそれぞれ求める方法により測定を実施した。算出方法は以下のとおりである。

- ①リーダと RF タグの位置を固定して設置する。(離隔距離を「 D_f (m)」で固定する。)
- ②リーダの減衰器によってリーダの出力を変化させる。
(アンテナとリーダ本体間の減衰器の設置、及びリーダ本体の出力制御による。)
- ③リーダ本体の出力を最小値から 2 dB 刻みで増加させ、初めて読み取りが成功した時の減衰量(リーダの最大出力からの差分)を「 L (dB)」とし、これを記録する。
- ④以下の計算式から、リーダの最大出力時における RF タグーアンテナ離隔距離「 D (m)」を算出する。

$$D = D_f \times 10^{(L/20)}$$

- ⑤タグ毎に D を計測する。

上記③において、リーダ本体の出力制御による減衰では、リーダの受信経路(RF タグからの応答信号)の空間減衰相当分が追加されないが、ここではリーダからの往路の信号に RF タグが応答する限界の離隔が読取距離であるとして、往路の減衰量L (dB)から算出するD (m)を RF タグの読取距離とする。認識率は、単位時間のリーダの質問回数に対する RF タグの応答回数とした。

減衰器の制御はリーダ内部の設定機能を用いて行ったが、設定単位が 2dB 毎であるため、読み取り距離換算で論理的に最大で 25%程度の方誤差が含まれるので、実際の読み取り距離は伸びる可能性がある。

2.2. リーダのアンテナと RF タグを正対して設置した場合の読取距離

リーダのアンテナと RF タグを正対させた状態で設置して読取距離を測定し、同時に認識率を測定した。インレットタイプ及び金属対応タイプそれぞれ 3 種類の RF タグで実施した。

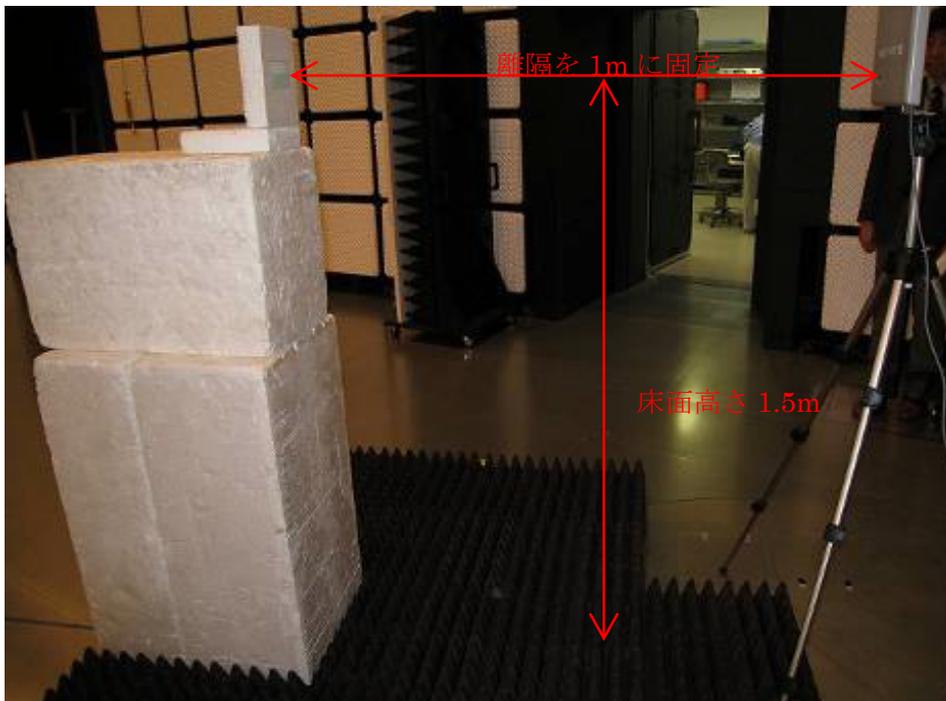


図 6 リーダのアンテナと RF タグを正対させた状態

アンテナは円偏波のものを用いたが、床面に対して水平、垂直の向きそれぞれの設置にて測定を実施した。

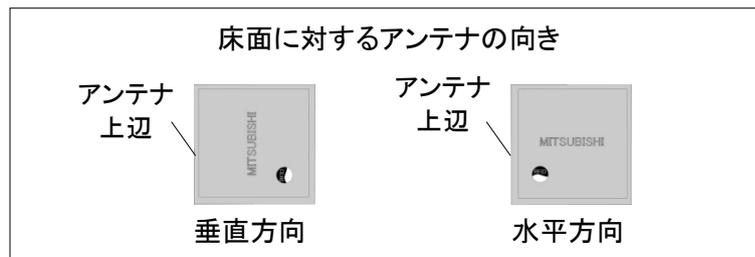


図 7 アンテナの設置向き

2.1.5 の測定方法で高出力タイプのリーダを用いて 1W 時の読取距離と中出力に相当する 250mW+3dBi 利得のアンテナでの読取距離を同時に測定した結果を以下に示す。

表 1 リーダのアンテナと RF タグが正対の場合の読取距離

		読取距離(m)					
アンテナ向き	項目	Label-L	Label-M	Label-S	Metal-L	Metal-M	Metal-S
水平方向	1W	3.2	4	2.5	5	5	0.5
	250mW	1.1	1.4	0.89	1.8	1.8	0.18
	認識率	9/10	10/10	9/10	9/10	9/10	7/10
垂直方向	1W	3.2	4.5	1.6	5	5	0.5
	250mW	1.1	1.6	0.56	1.8	1.8	0.18
	認識率	9/10	9/10	8/10	9/10	9/10	7/10

- ※1. アンテナ中央、タグはいずれも床から1.5m高になるように設置した。
- ※2. Metal-Sを除き、アンテナ、タグ間の距離は1mとした。
Metal-Sは読めるまでタグをアンテナに近づけた。

正対設置での読み取り距離測定では、読み取り距離はインレットタイプで Label-M、Label-L、Label-S の順であり、金属対応タイプでは Metal-L、Metal-M がほぼ同等、Metal-Sは他の RF タグに比べて大幅に読み取り距離が短いという結果だった。タグの読み取り距離は概ねタグのサイズに依存する傾向があるが、人が身につけることを考慮に入れると可能な限り小さいことが望ましく、本実験の結果を参考にして用途に合わせたタグの選定を行う必要がある。

比較のため、中出力ハンディターミナルでも読み取りを試した。その測定結果を下記に記す。正対での読み取り距離は、高出力(1W)機の見取距離から算出した中出力(250mW)相当の読み取り距離に相当する。



図 9 中出力ハンディでの読取距離測定



図 8 中出力ハンディターミナル

表 2 中出力ハンディでの読取距離

タグ種別	読取距離
Label-L	1.2m
Label-M	1.6m
Label-S	0.73m
Metal-L	1.9m
Metal-M	1.9m
Metal-S	0.2m

以下に正対設置での読み取り距離測定結果をアンテナ設置が水平の場合と垂直の場合のそれぞれについて RF タグ種別ごとにまとめた図を示す。

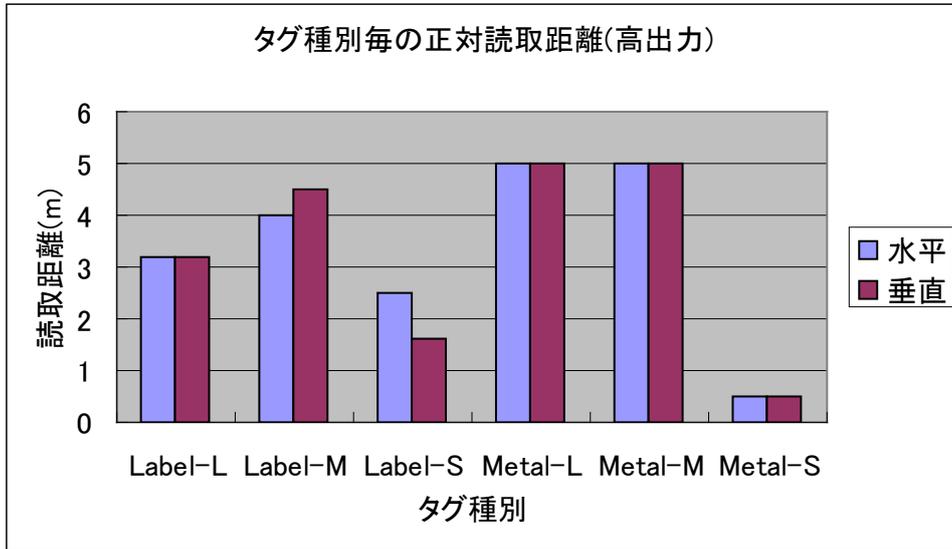


図 10 RF タグ種別毎の正対読取距離(高出力)

以下は既出の測定系での測定結果から得た中出力換算の読み取り距離と、実際に中出力ハンディターミナルを用いた実測結果との比較を示した図である。両者は概ね一致している。

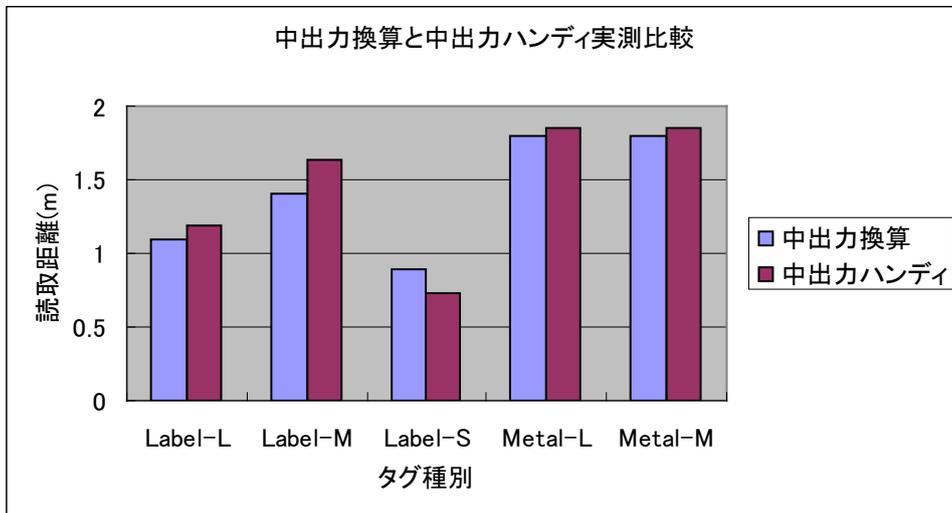


図 11 中出力換算と中出力ハンディ読取距離実測比較

2.3. RF タグの垂直及び水平方向の距離を変えた場合の読取距離

垂直または水平に固定したアンテナを下図のように Y 軸を中心に指定の角度だけ回転させて、読取距離及び認識率を測定した。インレットタイプの応答器一種を選び測定を実施した。アンテナを水平に固定した場合は RF タグの水平方向の距離を変えた場合の読取距離に、アンテナを垂直に固定した場合はタグの垂直方向の距離を変えた場合の読取距離に相当する。RF タグの読取距離は、アンテナの正面から離れるに従って短くなる。ここでは、アンテナの正面(正対位置)での読取距離に対して 30°、60° 水平及び垂直に離れた場所での読取距離を測定した。

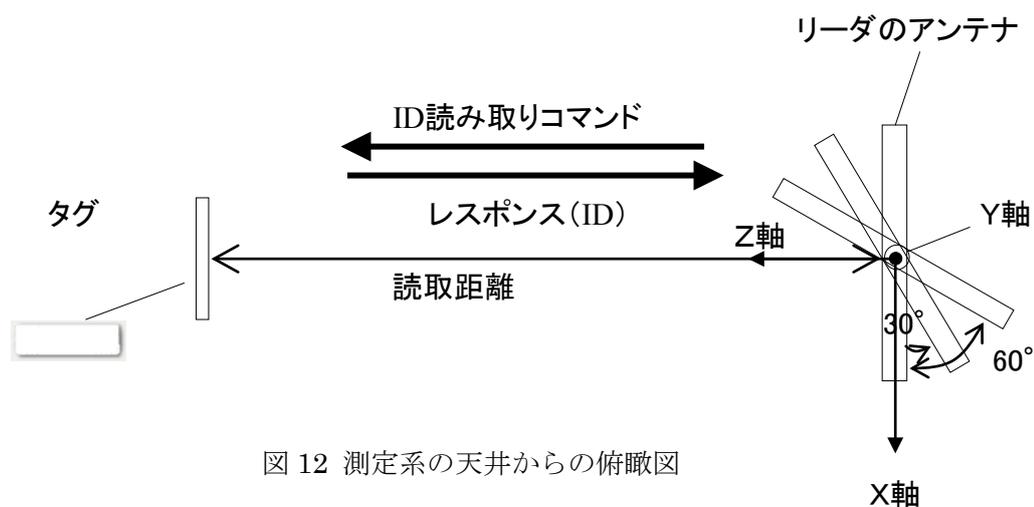


図 12 測定系の天井からの俯瞰図

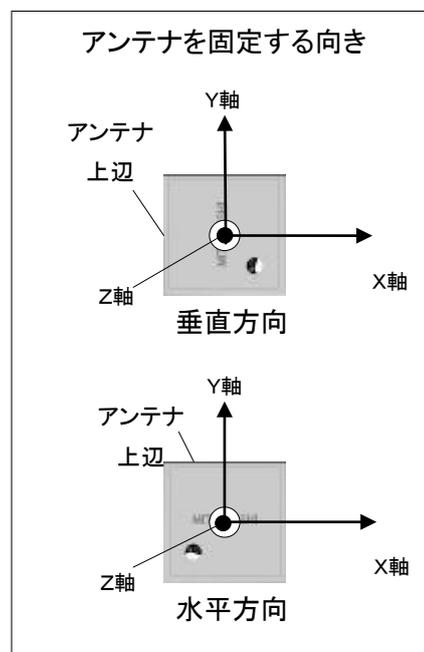
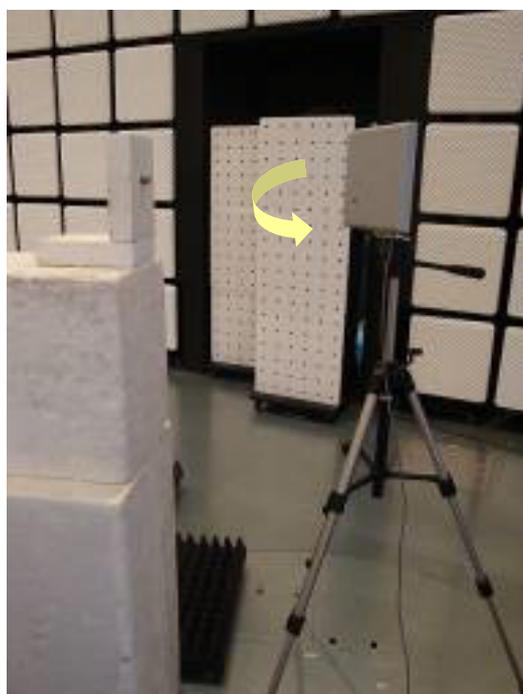


図 13 RF タグの垂直及び水平方向の距離を変えた場合の読取距離測定とアンテナの向き

表 3 RF タグの垂直及び水平方向の距離を変えた場合の読取距離

タグ種別	アンテナ向き	項目	読取距離(m)				
			左60°	左30°	正面	右30°	右60°
Label-L	水平方向	1W	1	2.5	3.2	2.5	1
		250mW	0.35	0.89	1.1	0.89	0.35
		認識率	8/10	9/10	9/10	9/10	9/10
	垂直方向	1W	1.3	2.5	3.2	-	-
		250mW	0.45	0.89	1.1	-	-
		認識率	6/10	9/10	9/10	-	-
Label-M	水平方向	1W	1.3	3.2	4	-	-
		250mW	0.45	1.1	1.4	-	-
		認識率	7/10	10/10	10/10	-	-
	垂直方向	1W	1.3	3.6	4.5	-	-
		250mW	0.45	1.3	1.6	-	-
		認識率	8/10	9/10	9/10	-	-
Label-S	水平方向	1W	0.6	1.6	2.5	-	-
		250mW	0.21	0.56	0.89	-	-
		認識率	5/10	7/10	9/10	-	-
	垂直方向	1W	0.6	1.6	1.6	-	-
		250mW	0.21	0.56	0.56	-	-
		認識率	6/10	9/10	8/10	-	-

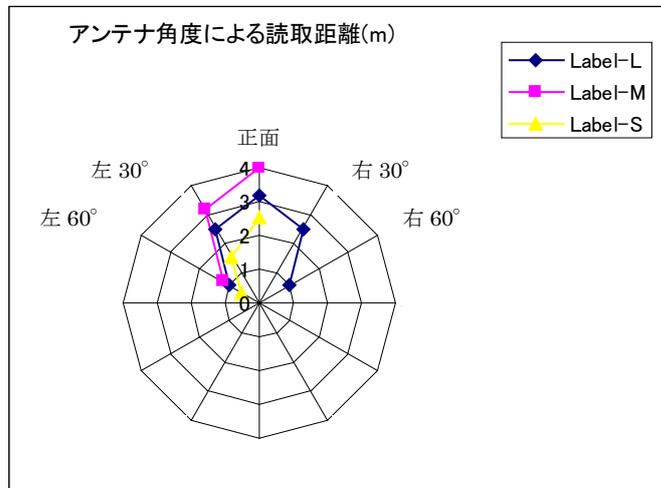


図 14 アンテナ角度による RF タグの読取距離

リーダの位置をアンテナ正面から RF タグを水平及び垂直に変えた場合は、アンテナの放射特性に沿った形で読み取り距離が変わる結果が確認された。正面から 30° で読み取り距離は概ね 2/3 程度、60° で概ね 1/3 程度となっている。

2.4. リーダのアンテナに対する RF タグの角度を変えた場合の読取距離

インレットタイプの RF タグ 3 種について、発泡スチロールの支持台に RF タグを床に対して垂直及び水平に固定しておき、支持台を指定の角度だけアンテナに向かって左に回転させて、それぞれの条件での読取距離及び認識率を測定した。

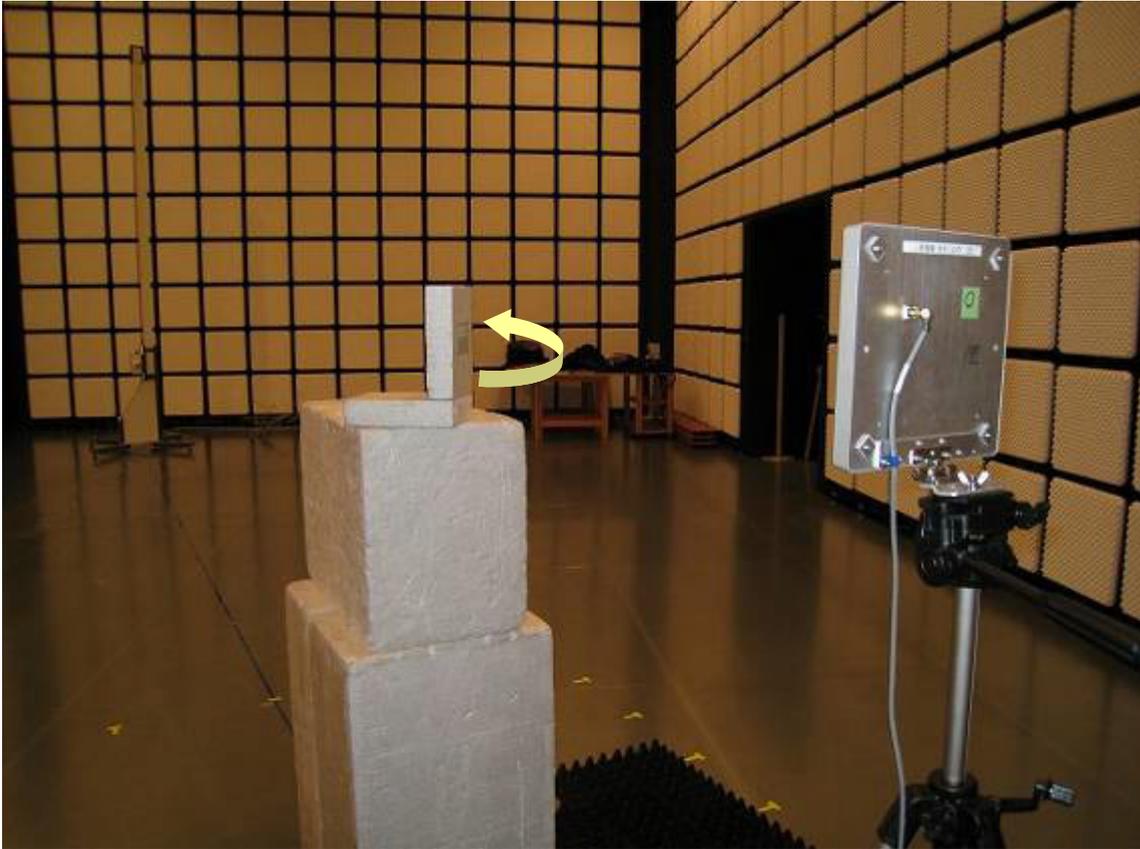


図 15 リーダのアンテナに対する RF タグの角度を変えた場合の読取距離の測定

表 4 リーダのアンテナに対する RF タグの角度を変えた場合の読取距離

タグ種別	タグ向き	項目	読取距離(m)		
			0°	30°	60°
Label-L	水平方向	1W	3.2	3.2	2
		250mW	1.1	1.1	0.71
		認識率	9/10	8/10	9/10
	垂直方向	1W	3.2	3.2	3.2
		250mW	1.1	1.1	1.1
		認識率	9/10	9/10	8/10
Label-M	水平方向	1W	4	3.6	2
		250mW	1.4	1.3	0.71
		認識率	10/10	10/10	10/10
	垂直方向	1W	4.5	4.5	3.6
		250mW	1.6	1.6	1.3
		認識率	9/10	9/10	10/10
Label-S	水平方向	1W	2.5	2.5	1.6
		250mW	0.89	0.89	0.56
		認識率	9/10	7/10	8/10
	垂直方向	1W	2	2	2
		250mW	0.71	0.71	0.71
		認識率	9/10	9/10	9/10

次ページに RF タグの角度を変化させた場合の読み取り距離の測定結果を RF タグ毎に図示する。リーダのアンテナほど角度によって急激に読み取り距離は変わらず、いずれも 30° なら若干低下する程度であり、60° で大きく低下している様子が分かる。

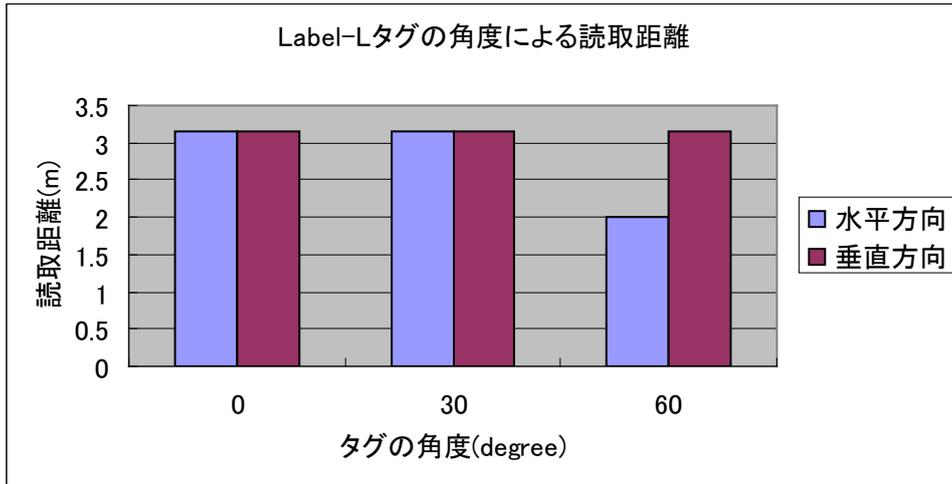


図 16 Label-L タグの角度による読取距離

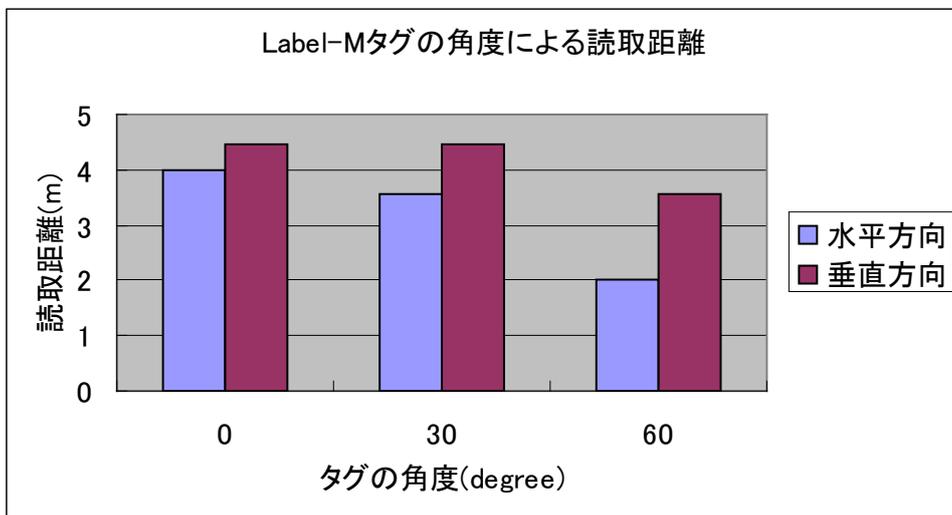


図 17 Label-M タグの角度による読取距離

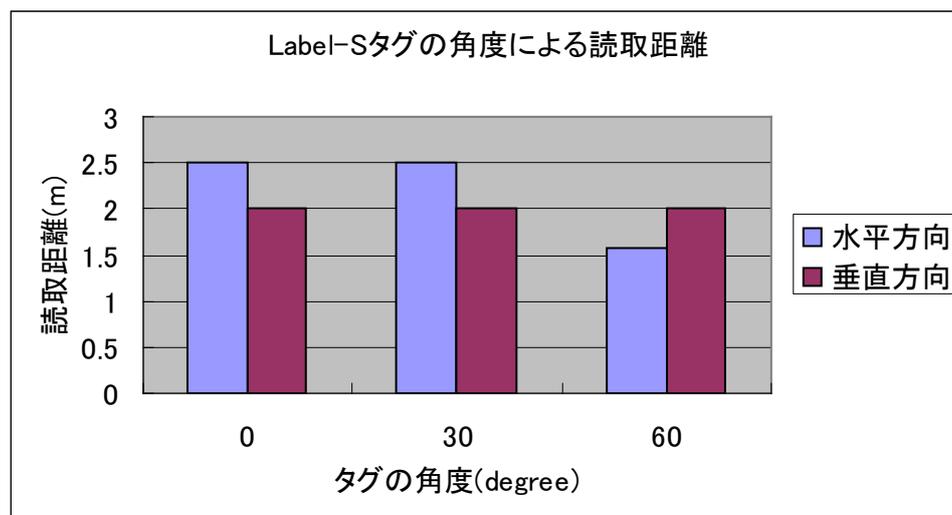


図 18 Label-S タグの角度による読取距離

2.5. RF タグを人体に取り付けた場合 (RF タグと人体との距離による変化を測定)

インレットタイプの RF タグを 1cm、2cm、5cm の厚さの発泡スチロールにそれぞれ貼り付け (0cm はシャツに直貼り)、これを、服を着用した人の胸に装着して高出力リーダのアンテナと正対して立たせて読み取り限界位置を探り、読取距離を測定した。比較のため、金属対応タグ 1 種類 (Metal-L) を選び、これについても同様に測定を実施した。

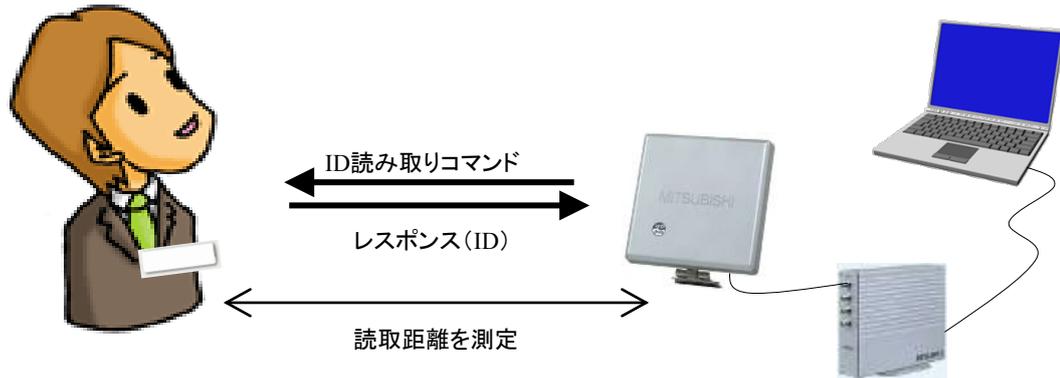


図 19 RF タグを人体に取り付けた場合の読取距離測定

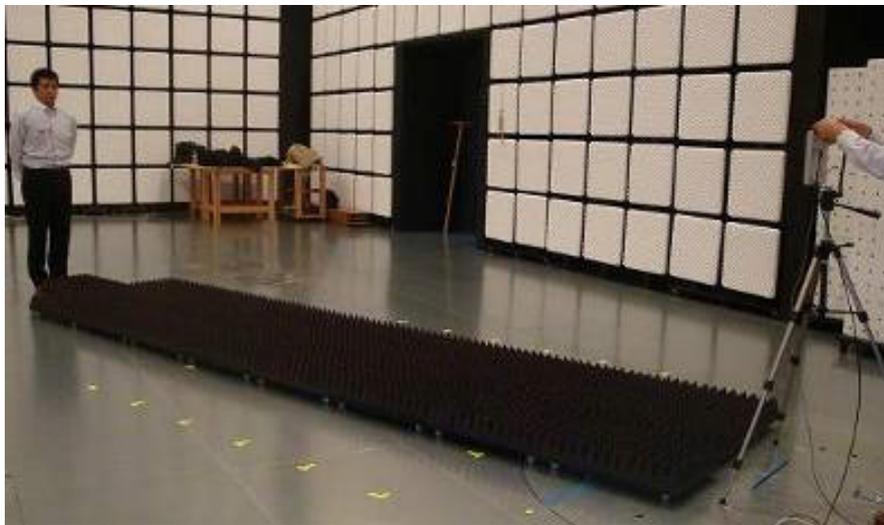


図 20 人体に取り付けたタグの読取距離測定

人体への RF タグの装着状況を以下の図 21～23 に示す。



図 21 人体への RF タグの装着状況 直貼り

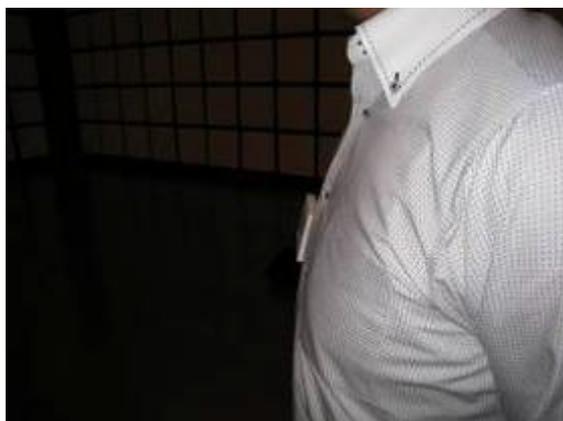


図 22 人体への RF タグの装着状況 1 cm 離隔

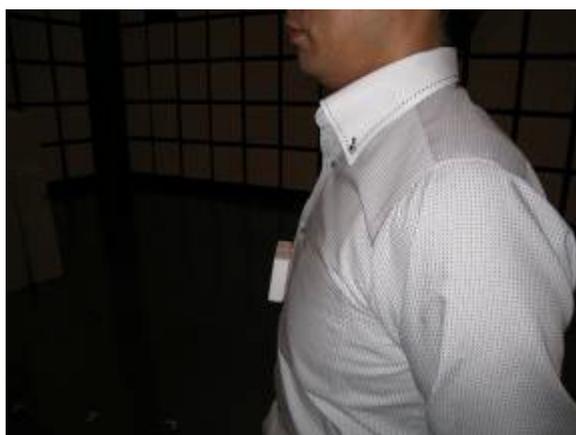


図 23 人体への RF タグの装着状況 2 cm 離隔

表 5 RF タグを人体に取り付けた場合の読取距離

タグ 人体との距離	インレットタイプ			金属対応
	Label-L	Label-M	Label-S	Metal-L
直貼り	1.5	1.3	0.51	5.8
1cm	3.6	3.8	2.3	5.9
2cm	3.6	6	2.2	6.2
5cm	6	6.4	3.6	6.5
7cm	-	-	3.6	-

表中の人体との距離は、RF タグを取り付けた発泡スチロールの厚みである。
 認識率に関しては、人がその立ち位置を前後に移動した際の 0% と 100% の変化が急峻であり、読み取れた場合はいずれも 100% であった。

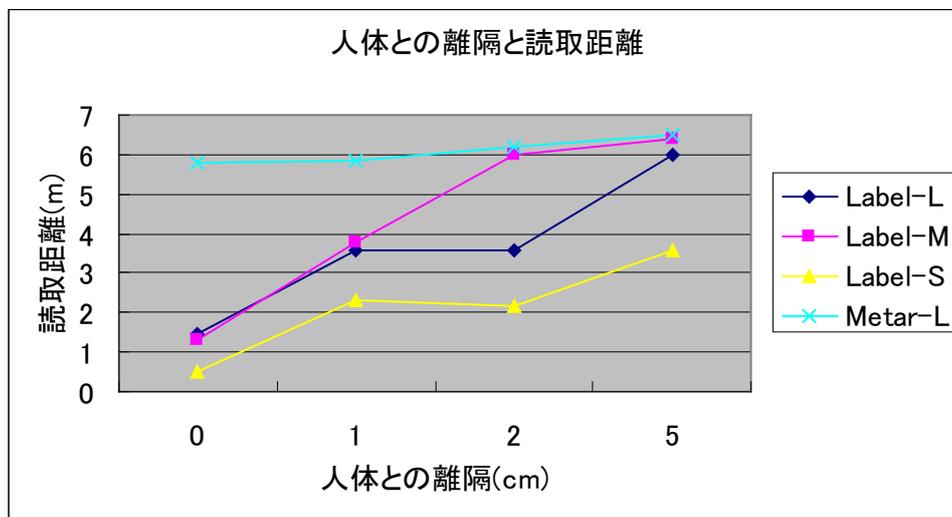


図 24 RF タグの人体との離隔と読取距離

表 6 自由空間における各 RF タグの正対読取距離

正対読取距離 (m)			
Label-L	Label-M	Label-S	Metal-L
3.2	4	2.5	5

実験の結果、インレットタイプの RF タグではいずれも人体との離隔(取り付けた発泡スチロールの厚さ)によって読取距離が大きく変化の様子が観察された。人体に密着した場合、読取距離が短くなる傾向が顕著に出ており、人体から 1cm が取り付け環境による影響が少ない場所であったと推定される。5cm 離れたところでは、人体に取り付けられない場合の自由空間における読取距離と比較しても大幅に距離が伸びていた。

一般的に RF タグの読み取りは信号が強め合う場所では距離が伸び、反対に弱め合う場所では距離が短くなる特性があるが、取り付け状態など人体を含め周囲の影響を受けやすいことが観察され、人体に反射した電波が RF タグの位置でちょうど強め合う位置関係にあった可能性があるほか、人体に RF タグを取り付けた場合の読み取りの特性は人によっても異なるかと推察される。

なお、比較対照とした Metal-L ではインレットタグのような顕著な変化は見られなかった。

3. 障害物がある場合の 950MHz 帯パッシブタグシステム及び 950MHz 帯アクティブタグシステムの電波伝搬実験

950MHz 帯のアクティブタグシステムとパッシブタグシステムにおいて、障害物を介した読取を行った場合の読取能力を調べるために、信州大学旭町キャンパス第 1 運動場において、地面付近に設置した RF タグの上をコンクリート、石膏ボード等の建材で覆い、これらを介して読取を行った場合にどの程度読取が出来るのかを計測した。

なお、RF タグを雪で覆って読み取りを行う実験については、積雪地域である飯綱町において実施した。



図 25 信州大学における障害物がある場合の電波伝搬実験

3.1. 実験で用いた障害物と設置方法

本実験で用いる障害物の材質及び量を以下のとおりとする。

- コンクリート板(鉄筋無し) : 35cm×100cm 厚さ 4cm 10 枚
- コンクリート板(鉄筋有り) : 80cm×150cm 厚さ 12cm 10 枚
- 鉄筋 : D10(公称直径 9.53mm) シングル配筋
- 石膏ボード : JIS 規格 3×6 版 厚さ 1.2cm 5 枚
- 合板 : JIS 規格 3×6 版 厚さ 1.2cm 5 枚
- 角材 : 12cm×12cm 角 100cm 長 2 本

障害物の設置方法は以下のとおりとした。

- ① グラウンド上にコンクリート板(鉄筋有り) 80cm×150cm を 2 枚並べて 160cm×150cm の土台を設ける。
- ② 上記①の土台上に角材 12cm×12cm 角を 2 本、横に渡し、その上に障害物としてコンクリート板(鉄筋無し)、コンクリート板(鉄筋有り)、石膏ボード、合板の 4 種類の板をそれぞれ乗せることによって土台との間に 12cm の空隙ができるように設置する。
- ③ 空隙の中央付近に RF タグを設置し、障害物を介してパッシブタグシステムのアンテナまたは、アクティブタグの受信機で ID を読み取る。

パッシブタグの置き方はその向きが直交する 2 方向で試す。測定対象のパッシブタグは金属対応の RF タグ 3 種とし、いずれも 1cm 厚の発泡スチロール材に貼り付けて設置する。

図 26 Metal-S (50×16;t=8.4mm)



図 27 Metal-M (100×21;t=7.2mm)



図 28 Metal-L (104×33;t=8.4mm)



なお、アクティブタグについては、送信機を図 29 のように角材で作った支柱の先端に取り付け、図 30 のように障害物の下に差し込んで設置して外部から読み取りを行う。



図 29 支柱先端のアクティブタグ



図 30 障害物下のアクティブタグ

- ④ 上記③で読取ができる場合は障害物を並べて、または重ねて設置し、読取を試す。
- ⑤ 最後にコンクリート板(鉄筋無し)及び石膏ボードをハンマーで砕き、かき混ぜ、瓦礫を模擬して RF タグを一定条件で覆い読取を試す。

以下にパッシブタグシステムでの読み取り実験の結果、アクティブタグシステムでの読み取り実験の結果を順に記す。RF タグを雪に覆ったの読み取り実験については別途記す。

この実験では、パッシブ、アクティブ共に周波数使用チャンネルを Ch8:952.4MHz とし、パッシブにおいては通信方式を MS 方式とした。MS 方式はリーダの送信チャンネルに対して、RF タグが両隣のチャンネルを使って応答する通信方式である。

3.2. 障害物がある場合のパッシブタグの読み取り実験

3.2.1. コンクリート板(鉄筋無し)で覆う場合

コンクリート板(鉄筋無し)を5枚重ね、読み取りを試した。最も読取距離が短い Metal-S を中出力ハンディで読めるまで1枚ずつ枚数を減らして読み取りを試した。

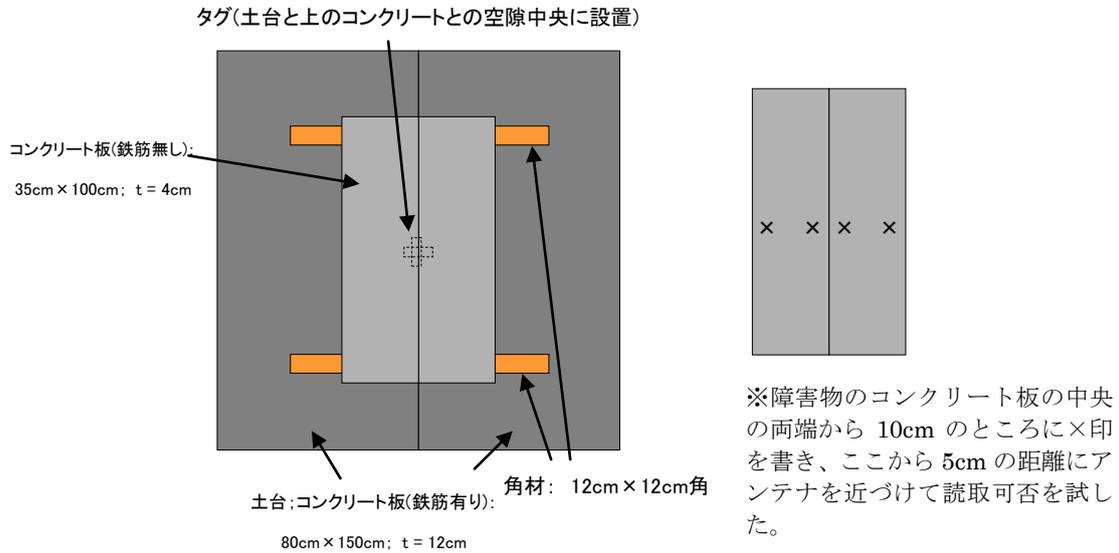


図 31 コンクリート板(鉄筋無し)で覆う場合の実験



図 32 コンクリート板(鉄筋無し)を介した RF タグの読み取り実験

実験は高出力(1W)と中出力ハンディターミナル(250mW)でそれぞれ実施した。表 7 に読取結果を記す。実験結果については、読取が成功した場合(ID が読み取れた場合)は○、失敗した場合(ID が読み取れなかった場合)は×で表記した。各 RF タグについて 4 つの欄を設けているが、これは上記のコンクリート板に記した×印の位置を左から右に 4 か所読み取ったそれぞれの結果を示している。以下他の板においても同様の記載とする。

なお、この実験では、アンテナを手かざしにて障害物越しに RF タグを読み取る評価としたことから、読み取りの可否は明確に識別ができ、読み取りができる場合は認識率が 100%、読み取りができない場合はかざし続けても認識率が 0%であった。

表 7 コンクリート板(鉄筋無し)を介した RF タグの読み取り実験の結果

タグの向き	枚数	5枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	×	×	○	×	×	×	○	×
	1W	-	-	-	-	×	×	○	○	×	○	○	○
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	○	○
	1W	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○

タグの向き	枚数	4枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	×	×	○	×	×	×	○	○
	1W	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	○
	1W	×	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○

タグの向き	枚数	3枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	○	×
	1W	×	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○

タグの向き	枚数	2枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×	○	○	○	×
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○

タグの向き	枚数	1枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○

実験の結果、高出力規格のリーダーでのコンクリート板(鉄筋無し)で覆った RF タグの読み取りについて、Metal-L、Metal-M については 4cm×5枚、すなわち 20cm 厚のコンクリート板(鉄筋無し)を介して読み取りが可能であった。小型サイズの Metal-S は自由空間での読み取り実験によると読取距離が大幅に短い、4cm×3枚すなわち 12cm 厚のコンクリート板(鉄筋無し)を介した場合でも辛うじて読み取ることができた。

また、中出力規格のハンディターミナルでも、高出力と比較して読み取り能力は劣るものの、Metal-L、Metal-M については辛うじて 20cm 厚のコンクリート板(鉄筋無し)を介して読み取りができた。なお、Metal-S については、4cm 厚で読み取れる場合があった。

3.2.2. コンクリート板(鉄筋有り)で覆う場合

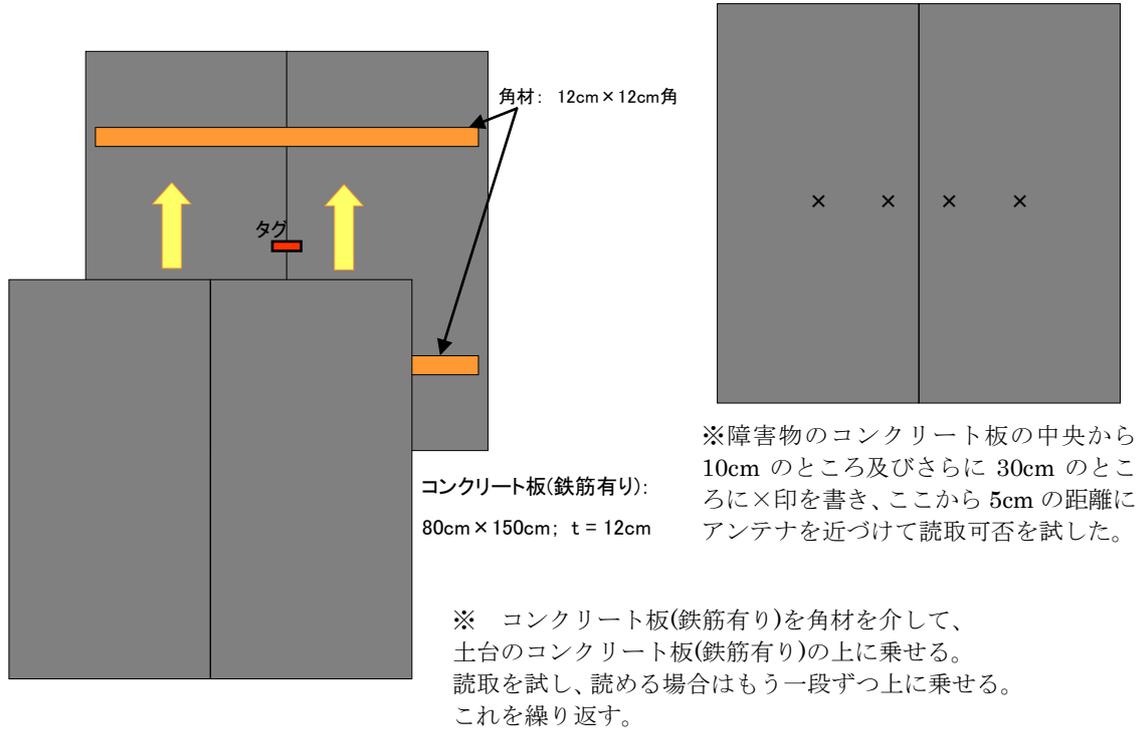


図 33 コンクリート板(鉄筋有り)で覆う場合の実験



図 34 コンクリート板(鉄筋有り)を介した RF タグの読み取り実験

表 8 コンクリート板(鉄筋有り)を介した RF タグの読み取り実験の結果

タグの向き	枚数	1枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×
	1W	×	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	○	×	×	×	○	○	○
	1W	×	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	×

タグの向き	枚数	2枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1W	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×
垂直方向	250mW	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	1W	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	○	×

タグの向き	枚数	3枚											
	タグ種別	Metal-S				Metal-M				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×
垂直方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	×	×	×	×	×	×	×	×

本実験でさらに 12cm 厚の鉄筋ありの大型コンクリート板を介しての読み取りを試したが、結果、12cm×2 枚すなわち 24cm 厚のコンクリート板(鉄筋有り)を介した場合でも Metal-L、Metal-M に関して高出力のリーダーで読み取りが可能なが判った。12cm×3 枚すなわち 36cm 厚の場合もアンテナをかざす場所によっては読み取ることができたが、既定の定点からの読み取りが出来なかったため、読み取り不能と判定した。

3.2.3. 合板で覆う場合

合板を 5 枚重ね、読み取りを試した。最も読み取りが弱い Metal-S タグを中出力ハンディで読めるまで 1 枚ずつ枚数を減らして読み取りを試した。

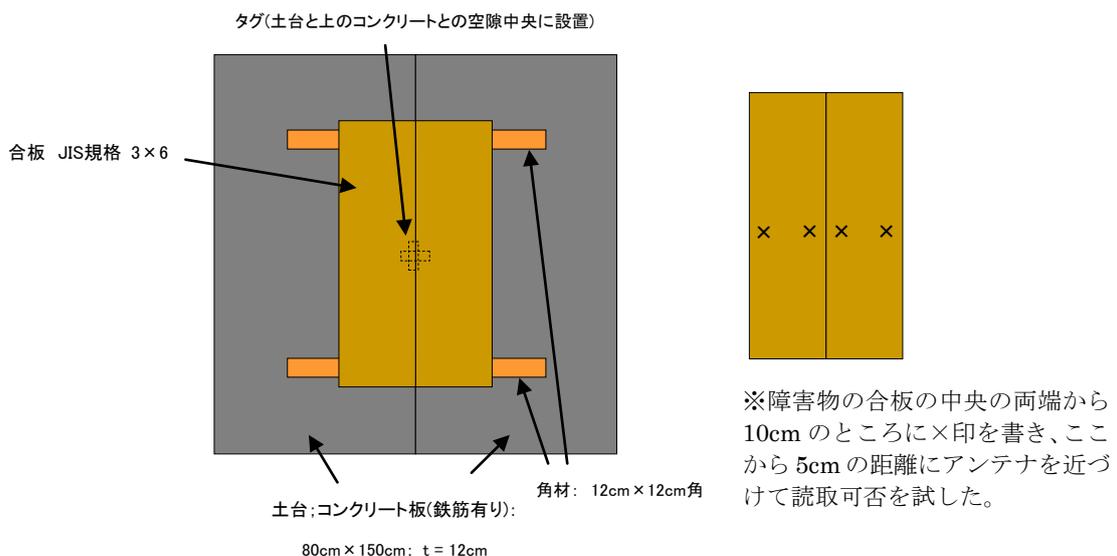


図 35 合板で覆う場合の実験



図 36 合板を介した RF タグの読み取り実験

表 9 合板を介した RF タグの読み取り実験の結果

タグの向き	枚数	5枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	×	×	×	×	×	○	○	×
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○
垂直方向	250mW	×	×	×	×	○	○	○	○
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○

タグの向き	枚数	4枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	-	-	-	-	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	×	×	×	-	-	-	-
	1W	-	-	-	-	-	-	-	-

タグの向き	枚数	3枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-

タグの向き	枚数	2枚							
	タグ種別	Metal-S				Metal-L			
水平方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	×	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	○	×	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	-	-	-	-

Metal-L と Metal-M は読み取り特性がほぼ同等であるため、Metal-M での測定を割愛した。Metal-L では合板を最大枚数の 5 枚としても高出力のリーダー及び中出力ハンディで読み取りが可能だった。Metal-S は 5 枚にて高出力のリーダーでは読み取りが可能であったが、中出力ハンディでは 4 枚でも読めず、最大 3 枚で読み取りができた。

3.2.4. 石膏ボードで覆う場合

石膏ボードを 5 枚重ね、読み取りを試した。最も読み取りが弱い Metal-S タグを中出力ハンディで読めるまで 1 枚ずつ枚数を減らして読み取りを試した。

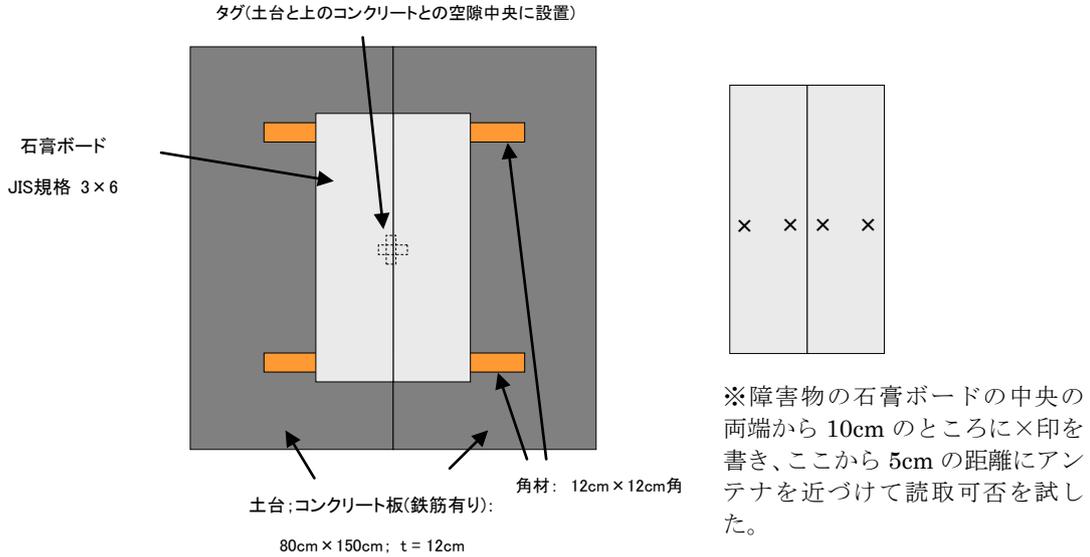


図 37 石膏ボードで覆う場合の実験



図 38 石膏ボードを介した RF タグの読み取り実験

表 10 石膏ボードを介した RF タグの読み取り実験の結果

タグの向き	枚数	5枚				3枚											
	タグ種別	Metal-S		Metal-L		Metal-S		Metal-L									
水平方向	250mW	×	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	-	-	-	-
垂直方向	250mW	×	×	○	×	○	○	○	○	×	×	○	×	-	-	-	-
	1W	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	-	-	-	-

石膏ボードで覆った場合は、最大枚数の 5 枚において、Metal-S、Metal-L 共に高出力のリーダーでの読み取りができた。中出力ハンディでは読み取りはできたが、場所によっては読めない場合もあった。

3.2.5. 瓦礫で覆う場合

図 39 のように塩ビパイプの中、土台中央に RF タグを配置し、図 40 のように瓦礫を模擬するために粗く砕いたコンクリート片及び石膏ボードを塩ビパイプの上から被せ、読み取り距離の計測を実施した。瓦礫の被り厚は概ね 50cm 程度とした。

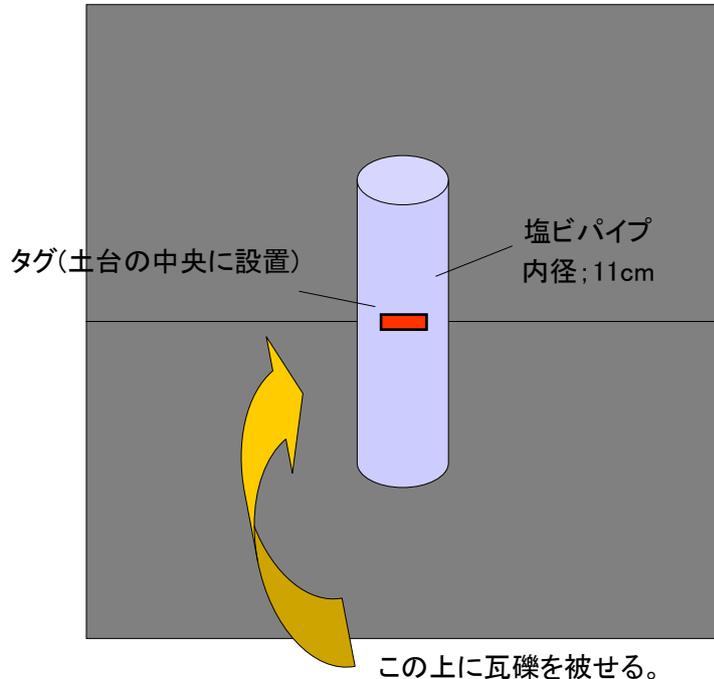


図 39 瓦礫で覆う場合の実験



図 40 瓦礫で覆った状態

金属対応の RF タグ 3 種類をそれぞれ対象としてアンテナで読み取りを試した。アンテナをかざして読み取れなければ読取不可と判定した。

本実験では、図 41 のように瓦礫の上にさらにコンクリート板を配し、読み取れるか試した。

表 11 瓦礫を介した RF タグの読み取り実験の結果

	中出力(250mW)ハンディ	高出力(1W)
Metal-L	読取困難。 ただし、大きな瓦礫の隙間等、場所によっては読み取れた。	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-M	読取困難。 ただし、大きな瓦礫の隙間等、場所によっては読み取れた。	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-S	読取不可	読取不可



図 41 瓦礫で覆った上にコンクリート板(鉄筋無し)で不規則に覆った状態

表 12 瓦礫とコンクリート板(鉄筋無し)を介した RF タグの読み取り実験の結果

	中出力(250mW)ハンディ	高出力(1W)
Metal-L	読取不可	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-M	読取不可	瓦礫の上にアンテナをかざす事で一様に読み取れた。ただし、アンテナをタグの向きに対して垂直にすると角度によっては読み取りが悪い傾向が見られた。
Metal-S	読取不可	読取不可

パッシブタグであっても、人が身につけるのに支障の無い程度のサイズ(Metal-L 及び Metal-M)の RF タグを、高出力のリーダーで 50 cm 程度の被り厚の瓦礫を介して読み取ることができた。一方、中出力ハンディでは、瓦礫の隙間などから読み取れる場合もあったが、コンクリート板など大きな障害物が間に入ると読み取りが出来ず、同一の条件では全般的に読み取り困難という結果であった。

3.3. 障害物がある場合のアクティブタグの読み取り実験

アクティブタグに関しては、送信機を支柱ごとパイプに差し込み、瓦礫の中央付近に設置した状態で、瓦礫の上から問題なく読み取りができた。読み取り条件が最も厳しいコンクリート板(鉄筋コンクリート有り及び無し)で覆った場合も同様であり、1mW 出力で設置場所から最大 120m 程度離れたところからでも検出ができた。アクティブタグは検出エリアが広く、場所を絞り込むことはできないが、付近に RF タグが有ること自体は検出が可能である。実験で使用したアクティブタグは 1mW 及び 10mW の出力に対応しているが、10mW では、運動場の端(200m 離れた場所)でも十分な受信余力を残して検出ができた。



図 42 コンクリート(左:鉄筋無し、右:鉄筋有り)下に設置したアクティブタグ



図 43 支柱の先端に取り付けたアクティブタグの受信機



図 44 瓦礫下に設置したアクティブタグ

3.4. 雪で覆った場合のパッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの読み取り実験

冬期災害時に想定される雪の影響を測定するため、平成 23 年(2011 年)1 月 11 日に長野県上水内郡飯綱町(霊泉寺湖畔広場)において、パッシブタグ及びアクティブタグを雪で覆い、雪被り厚を変え読み取り距離を測定した。

雪は水、氷、空気の混合であり、雪の種類について日本雪氷学会では、雪の密度や水分量に応じて「新雪」、「こしまり雪」、「しまり雪」、「ざらめ雪」、「こしもざらめ雪」、「しもざらめ雪」の 6 段階に分類している。今回の実験では、積もったばかりの「新雪」を用い、雪被り厚を変える際の雪山については、新雪を圧雪することなく軽く積み上げた状態で実施した。



図 45 雪で覆う場合の実験

表 13 気象データ※1

年月日	最低気温	最高気温	降雪量	最深積雪値
H23.1.9 (実験2日前)	-9.5℃	1.8℃	22cm	59cm
H23.1.10 (実験1日前)	-9.1℃	-4.3℃	11cm	68cm
H23.1.11 (実験当日)	-12.9℃	-2.7℃	0cm	59cm

雪は水、氷、空気の混合誘電体であり、文献※1によると、雪による電波の減衰は、雪の密度や含水率※2さらに周波数によって異なり、含水率が大きくなる程また周波数が高くなる程増加する傾向にあり、新雪で、かつ周波数が 2GHz 帯以下の場合には、電波の減衰がほとんどないと分析評価されている。

今回の実験は、新雪が 950MHz 帯 RF タグの読み取りにどの程度影響を与えるか(雪による電波の減衰特性の測定)を主眼に実施した。読み取り対象とするパッシブタグは図 46 のように発泡スチロールで挟み、図 47 の 3 種とした。



図 46 発泡スチロールで挟んだ RF タグ

Metal-S (50×16;t=8.4mm)
 Metal-M (100×21;t=7.2mm)
 Metal-L (104×33;t=8.4mm)

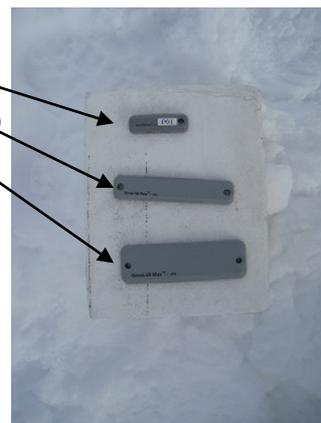


図 47 雪で覆う実験で使用した RF タグ

※1 気象庁から電子閲覧サービスにより公開されている値。飯綱町には気象観測地点が設置されていないため、隣接する信濃町のデータを参考として記載。

※2 参考文献…「雪の性質と電波伝搬」、新潟大学情報工学科教授 山口芳雄著

※3 どれだけ水分が含まれるか

実験は、雪に埋設する際にこれら発泡スチロールで挟んだ 3 種の RF タグ上にスコップで雪を被せて行き、雪の中の 3 つの RF タグ全部を同時に読み取る方法で雪による RF タグの読み取り影響を評価した。

この結果、RF タグ Metal-S については、雪の被り厚さが 32cm の時点で、その直上から高出力タイプのアンテナをかざしての読み取りが限界であったが、Metal-M、Metal-L については、1m まで雪を被せた状態でも、さらに数 m の遠隔から読み取りを行うことができた。

雪被り厚測定用の木製ポール



高出力パッシブタグシステム
のアンテナ

図 48 雪の被り厚さ 32cm での測定

高出力パッシブタグシステム
のアンテナ

タグの上に 1m 高の
雪を被せた山



図 49 雪の被り 1m での測定

雪による減衰の影響を評価するため、リーダにおける RF タグ Metal-L の応答信号の受信電力レベルを測定したところ、RF タグ上に 1m の雪を被せた状態で、その直上にアンテナをかざしての測定で受信電力レベルは -41dBm であったのに対して、雪を完全に除去した状態でも -41dBm と同一の数値であった。すなわち、現地の雪の状態においてパッシブタグの通信への信号減衰の影響は積雪 1m のレベルでは検出できなかった。

なお、中出力ハンディターミナルでの読み取り限界を確認したところ、被せた雪の厚み(高さ)に対して読み取り距離が表 14 のとおりとなった。

表 14 中出力での読取距離

Metal-L	
雪被り厚	読取距離
106cm	151cm
59cm	138cm
42cm	84cm
0cm	130cm



図 50 中出力での雪中 RF タグの読み取り

中出力ハンディターミナルでの読み取り限界距離は、被せた雪の厚さに応じて大きく変化する状況が観察された。これはハンディターミナルでの測定時における地面や人による反射の影響等、原因が様々考えられるが、最大読み取り距離である 151cm を自由空間での測定結果と対比すると約 20%の低下が見られる。減衰量では 2dB 程度に相当し、計測したデータから自由空間における読み取り距離を上回ったものも無かったが、測定精度を考慮すると明確に雪による減衰があったとは判断できない。

アクティブタグは、送信機全体をポリ袋に収め、これに 1m 厚の雪を被せて 10m 離れた位置から ID を読み取り、その際の受信電力レベルを測定し、雪を被せない状態と比較した。なお、アクティブタグの送信機及び受信機は共にアンテナを地面に対して垂直に設置した。(写真のポールは木製で、雪の被り厚さを測定するために用いたものであり、アンテナ等の電波伝搬に関与する物ではない。)



アクティブタグ
送信機を雪に埋設

図 51 アクティブタグに雪で覆う実験

結果、アクティブタグの送信機を雪で覆った場合と覆わない場合のいずれにおいても送信機からの受信電力レベルは -68dBm であった。この実験でもパッシブタグシステムと同様に雪による減衰を検出することはできなかった。



図 52 雪に覆ったアクティブタグの読み取り評価

本実験の実施前には、雪が多く水分を含む場合はこの程度に応じて電波の減衰がある場合も一つの可能性として想起されたが、新雪を高さ 1m 程度に圧縮しないで積み上げた状態での実験では、雪による減衰は少なくとも容易に検出できる程度には観察されなかった。

この背景として、当日の雪質の影響を考えてみた。実験当日、前日、及び前々日の付近の気象データを確認したところ、当日は曇天であったものの、前日までは 2 日連続して数十 cm の降雪があり、その間、氷点下の状態が継続していたため、降雪後、雪が溶けることが無い状態で保持されていたことが推察される。現地の雪は、この状況によって水分を多く含まない状態であったと考えられる。また、降水量と降雪による積雪量を比較すると、雪に含まれる氷の量に対しても空気の占める割合が支配的であると思われる。

本実験の結果、降雪後に氷点下の環境が維持された新雪に 950MHz 帯 RF タグを埋設した状況において、雪の被り厚さが 1m 程度であればパッシブタグ、アクティブタグにおいて、雪中のタグは自由空間と遜色無く読み取ることができた。今回は、数 m の雪中に埋もれたタグの読み取りまでは試すことが出来なかったが、パッシブタグであっても空間での読み取り距離の範囲を超えない範囲であれば、雪中にある RF タグを雪上からその所在を検出することができる可能性がある。アクティブタグではさらに読み取り限界が高い。しかし、今後の活用に向けては、さらに様々な雪質、さらには圧雪や融解、再凍結等の降雪後の様々な環境を経た雪で同様の評価を行い、その可用性を確認する必要がある。

4. 950MHz 帯パッシブタグシステム及び 950MHz 帯アクティブタグシステムの距離と周波数による電波干渉実験

本実験は、パッシブタグシステムとアクティブタグシステムの相互の干渉による影響を以下の項目について松本市の信州大学旭キャンパス内第一グラウンドにて実施した。

- ① 1mW アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響
- ② 高出力パッシブタグシステムのリーダが 1mW アクティブタグに与える影響
- ③ 中出力パッシブタグシステムのリーダが 1mW アクティブタグに与える影響

4.1. 干渉実験の条件

- ・アクティブタグシステム

1mW アクティブタグシステムの周波数を CH8 ; 952.4MHz に固定する。

- ・パッシブタグシステム

アクティブタグシステムとの隣接チャンネルを CH9 ; 952.6MHz、次隣接チャンネルを CH10 ; 952.8MHz とする。高出力では FM0 方式(リーダが送受信を同一のチャンネルで行う方式)であり、中出力では MS 方式(リーダの送信チャンネルに対して、RF タグが両隣のチャンネルを使って応答する方式)とする。

4.2. 1mW アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響

図に示すとおり、以下の手順で 1mW アクティブタグの送信機のパッシブタグシステムの通信への影響を測定した。

- ① パッシブタグシステムのリーダと RF タグを正対して設置し、最大出力で連続的に RF タグを読み取る動作設定としておき、この際の認識率が 100%となる一定離隔 5m(ほぼ読み取り限界距離)で固定する。
- ② 1mW アクティブタグの送信機から連続的にパケットを送出。①のパッシブタグシステムのリーダのアンテナの正面から近づけていく。
- ③ ①が影響を受ける距離を測定する。

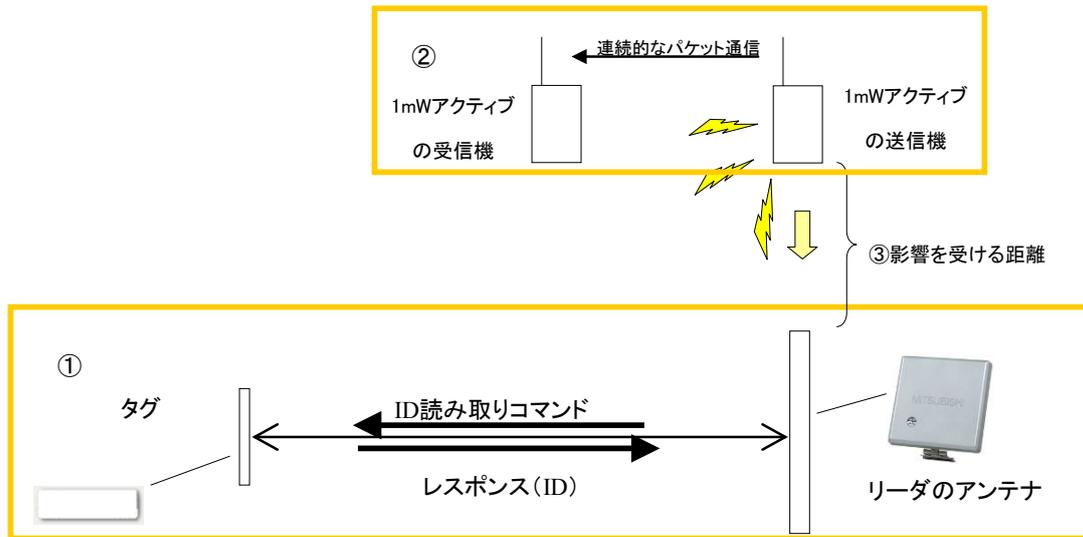


図 53 アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響の測定方法



図 54 アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響の測定風景

表 13 アクティブタグがパッシブタグシステムの通信に与える影響の測定結果

1mWアクティブタグの送信機とパッシブリーダのアンテナ離隔	5m	80cm	70cm	60cm
パッシブタグシステムのパケット受信成功率(次隣接; Ch10)	50/50	50/50	50/50	30/50

1mWアクティブタグの送信機とパッシブリーダのアンテナ離隔	5m	4m	3m	2m
パッシブタグシステムのパケット受信成功率(隣接; Ch9)	50/50	47/50	30/50	20/50

パッシブタグシステムは、次隣接チャンネルで連続的にデータ送信を行う 1mW アクティブタグを 60cm まで近づけた場合に影響を受け始め、隣接チャンネルの場合は 4m で影響を受け始めるという結果であった。ただし、隣接の場合であっても 1~2m まで近づけても全く読取が出来ない状況にはならなかった。隣接したチャンネルで送信を行うアクティブタグの送信機が近傍に有る場合、パッシブタグシステムにおいて致命的とまでは言えないが、一定の影響があることが確かめられた。

4.3. 高出力のパッシブタグシステムのリーダが 1mW アクティブタグに与える影響

図 55 に示すとおり、以下の手順で高出力のパッシブリーダの 1mW アクティブタグの通信への影響を測定した。

- ① アクティブタグの送信機と受信機を正対して設置し、連続的にパケットを送付する動作設定としておき、この際の認識率が 100%となる一定離隔で設置する。
- ② パッシブのリーダのアンテナから干渉信号として連続的にコマンドを送出しながら、①の 1mW アクティブタグの受信機に近づけていく。
- ③ ①が影響を受ける距離を測定する。

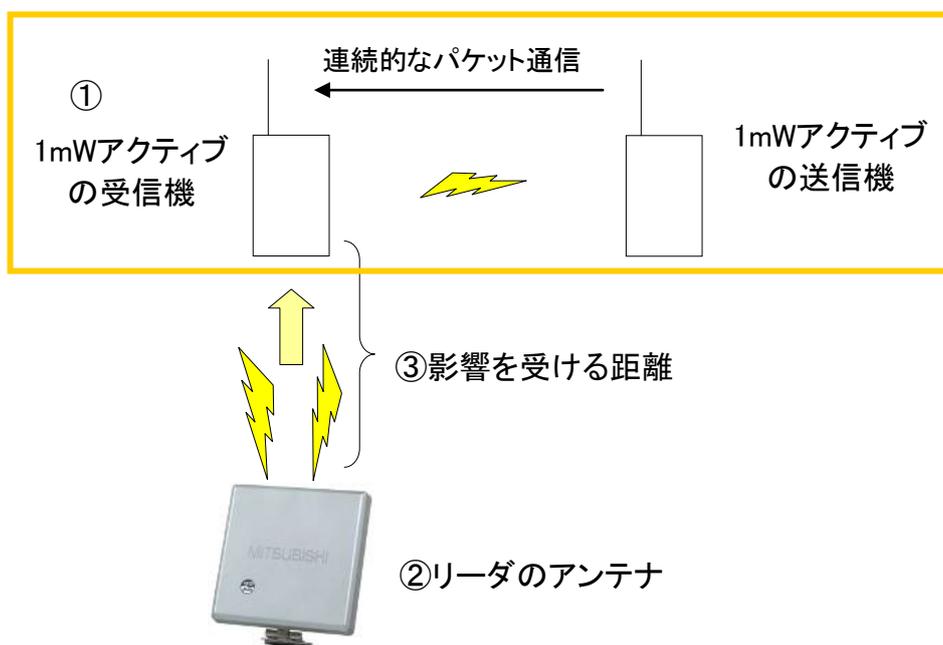


図 55 高出力リーダがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定方法

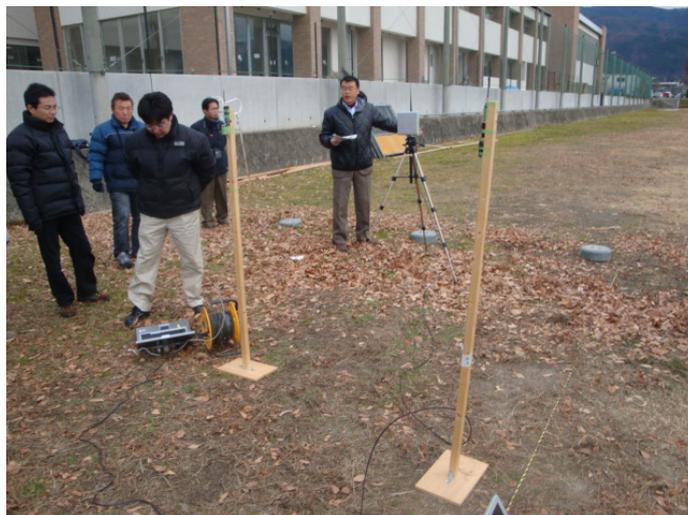


図 56 高出力リーダがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定風景

表 14 高出力リーダーがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定結果

1mWアクティブタグの受信機と高出力パッシブリーダーのアンテナ離隔	3.6m	3.2m	3.1m
アクティブタグシステムの packets 受信成功率	34/34	33/34	12/34

アクティブタグの受信機における信号受信レベルを -60dBm の状態にして packets 通信を繰り返し、認識率が 100%を下回った距離を測定した。結果、次隣接では 3.2m で影響が出始めた。

4.4. 中出力パッシブタグシステムのハンディリーダーが 1mW アクティブタグに与える影響

図 57 に示すとおり、以下の手順で中出力のパッシブリーダーの 1mW アクティブタグの通信への影響を測定した。

- ① アクティブタグの送信機と受信機を正対して設置し、送信機から連続的に packets を送付する動作設定としておき、この際の認識率が 100%となる一定離隔で設置する。
- ② 中出力パッシブハンディから干渉信号として連続的にコマンドを送出しながら、①の連続的に RF タグを読み取る動作をしている 1mW アクティブタグの受信機に近づけていく。
- ③ ①が影響を受ける距離を測定する。

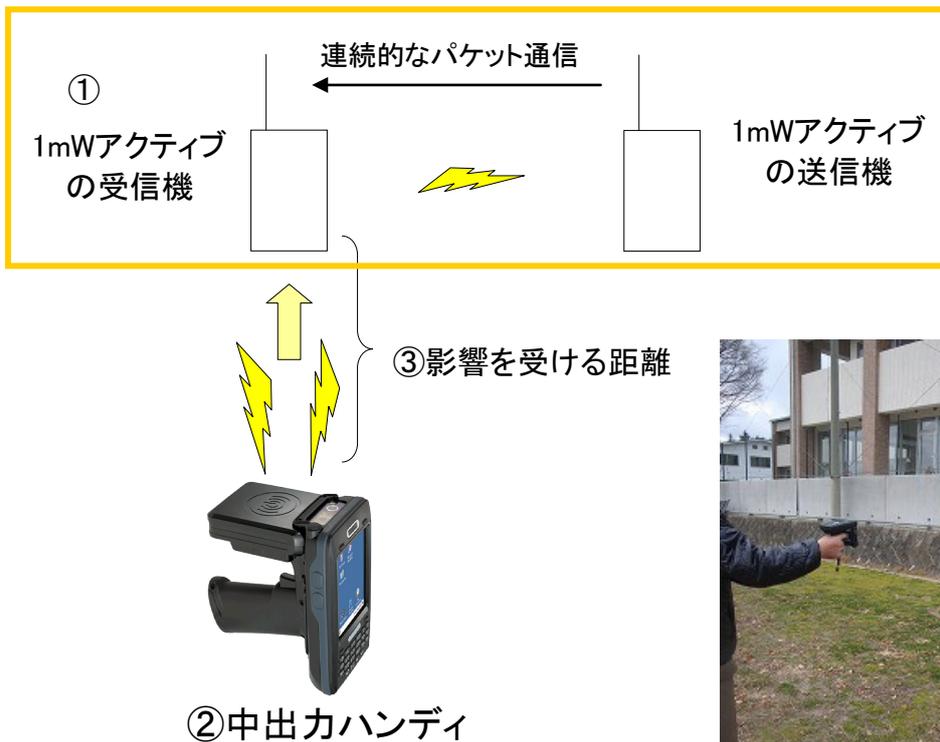


図 57 中出力リーダーがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定方法



図 58 中出力リーダーがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定風景

表 15 中出力リーダーがアクティブタグシステムの通信に与える影響の測定結果

1mWアクティブタグの受信機と中出力パッシブハンディの離隔	4m	3m	2m	1.5m
アクティブタグシステムの packets 受信成功率	34/34	27/34	34/34	25/34

1mW のアクティブタグは高出力の場合と同様の設定であるが、中出力ハンディでは隣接チャンネルに設定して影響を調べた。結果、3m 程度で影響が出始める様子が観察された。中出力機のアンテナ利得を考慮した実効出力は高出力機の 1/8 であるため、高出力に換算すると約 2.8 倍程度離れた場合すなわち 8.5m に相当する。

高出力パッシブタグシステムのリーダーの出力は 1mW アクティブタグの 1000 倍に達するため、アクティブタグは数 m 離れたところにあるパッシブタグシステムのアンテナの影響を受けるが、一方でパッシブタグシステムでは RF タグの応答レベルが非常に低いため、やはり近傍のアクティブタグの影響を強く受ける。相互の離隔は、10m 程度確保しないと互いに読取性能に影響を及ぼし合う可能性がある。

(参考) 人体に RF タグを装着した場合の読み取り状況 (俯せ状態、正面以外)

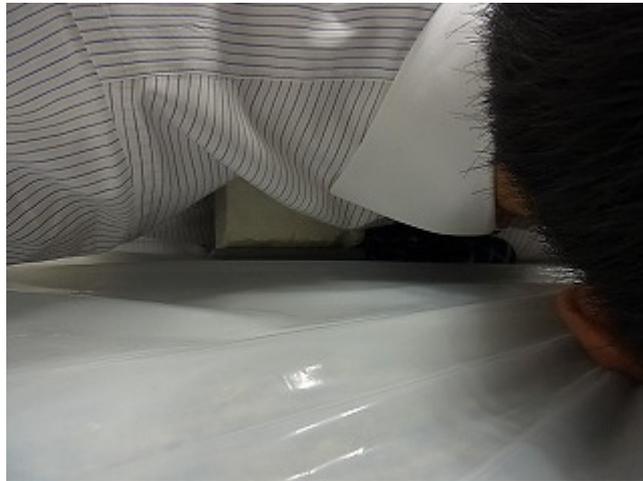
1 俯せ状態での読み取り

災害時に俯せの状態となった人の胸に取り付けた RF タグを実際にどの程度読み取ることができるのかを試した。2cm 厚の発泡スチロールに RF タグ(Metal-L)を取り付け、これを人体右胸に装着し、床に俯せになった状態で高出力タイプのリーダのアンテナで読み取りを行った。



右胸に装着しているのに対してアンテナを左胸裏にかざした場合は読み取りが出来なかったが、右胸裏からの読み取りに対しては、アンテナをかざす位置によっては辛うじて RF タグの読み取りができた。この際、俯せとなった状態を肩口、脇下など床面から観察しても人体が覆っており、RF タグを目視で確認することができなかった。

さらに、RF タグを取り付ける発泡スチロールを 5 cm 厚にして同様に読み取りを試したところ、右胸裏からでも読み取りが困難であったが、右肩口の隙間にアンテナをかざすと、読み取ることができた。



この際、右肩口からは右胸に装着した RF タグが目視で確認できる状況だった。
ここでは、人体の右胸に RF タグを装着した状態で完全に俯せとなって RF タグを人体と床の間に挟み込む状態での読み取りであったが、この状態では実用上、読み取りは困難である。

2 正面以外からの読み取り

自由空間での RF タグを人体取り付けた場合の測定では、正面からの読み取りのみであったが、2cm 厚の発泡スチロールに RF タグ(Metal-L)を取り付け、これを人体右胸に装着し、真横、後ろ向きでの高出力リーダのアンテナでの読み取りを行った。電波暗室ではなく雪原にて実施したこと及び RF タグの装着がスキーウェアの上であることから参考として結果を記す。

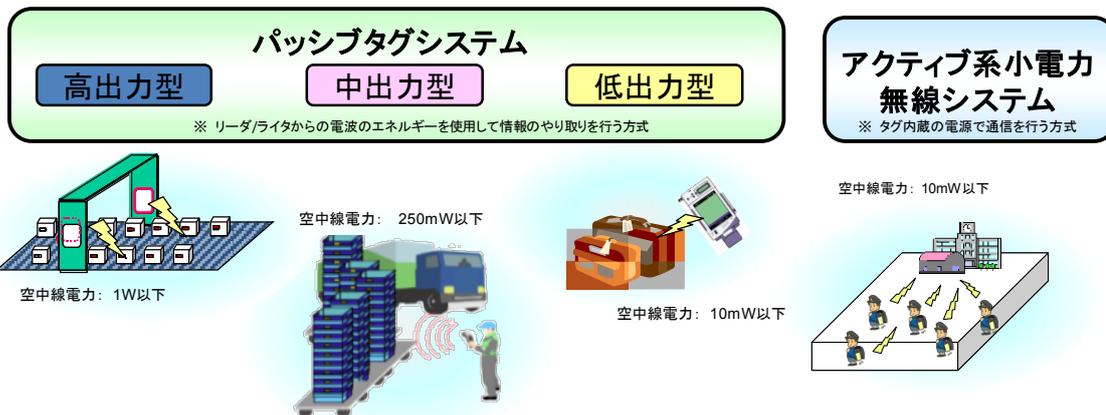


雪原での正面での読み取りでは 10m 離れた読み取りが可能であった。電波暗室で同様の実験では、同一の RF タグを使って最大 6.5m(人体との離隔 5cm)であった。電波暗室よりも地面の反射の影響などで電波が強められている可能性があり、読取距離は大幅に増加していた。

これに対して、横向きでの読み取り距離は 2.9m、後ろを向いての測定では 1m 離れた読み取りが可能であった。完全に後ろを向いての読み取りについては、障害物として人体を介しての読み取りとなるが、UHF 帯の電波はある程度回り込む特性を持っており、このため、後ろ向きにしての読み取りにおいても 1m の離隔でも読み取ることができたと推察される。

■950MHz 帯 RFID を使用するには

950MHz 帯の RFID については複数のタイプがあり、使用にあたっては無線局免許を要しないものと、無線局登録が必要なもの（高出力型又は中出力型）又は無線局免許が必要なもの（高出力型）がありますので、ご注意ください。



1 パッシブタグシステムのリーダライタ及びアクティブタグ

① 無線局免許を要しないもの

低出力型パッシブタグシステムのリーダライタ及びアクティブ系小電力無線システムで、「適合証明ラベル」が貼られている機器を使用する場合は無線局免許を要しません。ラベルの貼付のないものは、電波法の免許不要基準に合致しているかメーカーに問い合わせてください。

【適合証明ラベル例】



出典: 財団法人 テレコムエンジニアリングセンター ホームページ

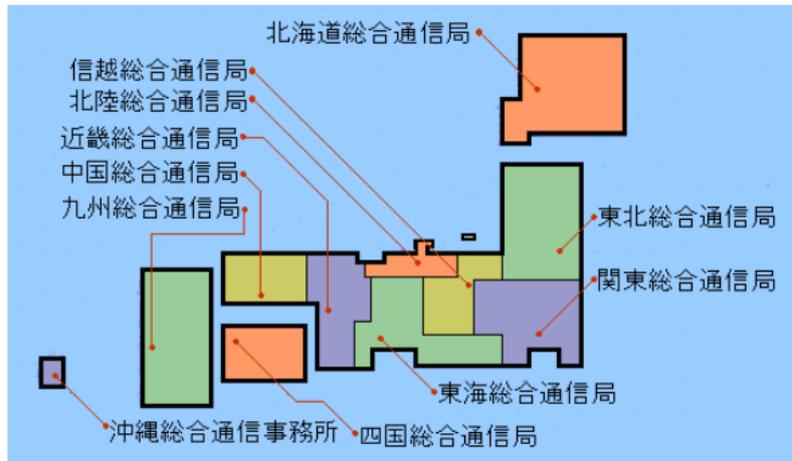
② 無線局登録を要するもの

高出力型パッシブタグシステムのリーダライタ（キャリアセンスがあるもの）及び中出力型パッシブシステムのリーダライタは、無線局登録の手続きが必要となります。

③ 無線局免許申請が必要なもの

高出力型パッシブタグシステムのリーダライタ（キャリアセンスがないもの）は無線局免許申請が必要です。

設置場所に該当する地域を所管する地方総合通信局に無線局免許申請書を提出してください。



2 パッシブタグ

電池を持たず、受けた電波の搬送波電力を利用して電波を発射するパッシブタグは特段無線局免許等の手続きを要しません。

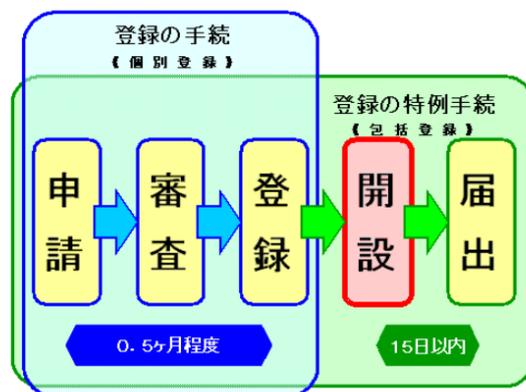
電池を持つ RF タグはメーカーに問い合わせください。

■ 950MHz 帯パッシブタグシステムの登録手続き

■ 登録事項

- 1 氏名及び住所
- 2 無線局の使用形態（無線設備の規格）
- 3 無線局の設置場所（包括登録の場合は設置予定区域）
- 4 周波数及び空中線電力
- 5 登録の年月日及び登録の番号

注）一つの登録で同一使用形態の複数の無線局の開設も可能（包括登録）



- 登録の手続きの詳細は【総務省 電波利用ホームページ】へ
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/proc/regist/index.htm>

■ 登録後の手続き等

- 1 包括登録の場合、個々の無線局の設置場所、空中線電力、開設日など事後届出（15日以内）
- 2 監督・規律（遵守事項、電波利用料の納付等）は原則として免許局と同様。
- 3 登録の有効期間は免許と同様、原則として5年間

■ 登録先

無線局を常置する場所を所管する地方総合通信局
（長野県、新潟県内は信越総合通信局）

■ 登録費用

申請の種別	書面申請	電子申請
個別登録	2,300 円 (再登録は 1,450 円)	1,700 円 (再登録は 1,050 円)
包括登録	2,900 円 (再登録は 1,850 円)	2,150 円 (再登録は 1,400 円)
登録状再交付	1,250 円	1,150 円

■ 電波利用料（年間）

局 種	電波利用料（局毎）	
	個別登録	包括登録
簡易無線局（登録）	400 円	380 円
【参考】構内無線局（登録）	400 円	380 円
【参考】構内無線局（免許）	400 円（個別免許）	----

■ 申請に必要な登録申請書等

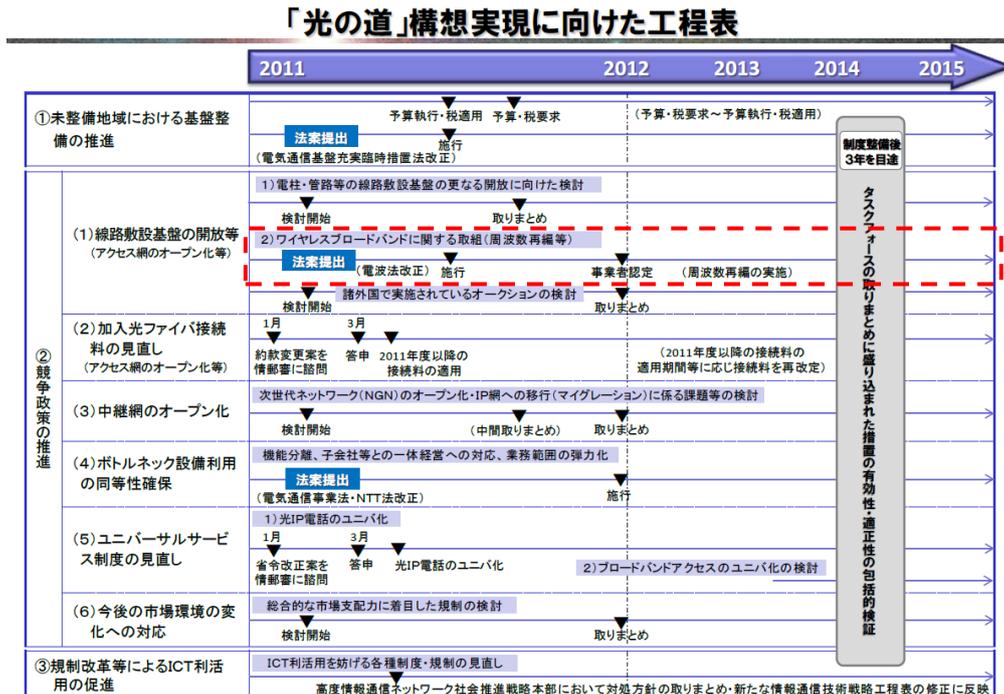
登録申請書及び添付書類（申請時）、無線局開設届（登録後）
（申請書作成時には、「総務省 電波利用ホームページ」を参照の上、最新の様式を使用してください。）

- 登録申請等様式のダウンロードは【総務省 電波利用ホームページ】から
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/download/registry/index.htm>

■ 950MHz 帯 RFID を巡る動き

総務省は、2015年頃を目途に全ての世帯におけるブロードバンド利用の実現を目標とする「光の道」構想について、『「光の道」構想実現に向けた工程表』を策定した。

900MHz帯においては、700MHz帯とあわせて携帯電話システムの利用を実現することを目標に、2012年から、5MHz×2の携帯電話システム利用を開始し、2015年からはさらに10MHz×2の利用を図ることを目標に950MHz帯RFIDの周波数移行も含む再編を行うものとしている。



出典：平成 22 年 12 月 24 日総務省報道資料

【 900MHz帯における周波数再編の基本方針（RFID関係分） 】

- 1 既存システムの周波数移行等について

RFIDについては、欧米での割当て状況を踏まえ、国際競争力強化の観点から915-928MHzに移行する。
- 2 移行スケジュール

RFIDについては、同一周波数帯での移行であることから、2011年夏までに技術基準等を整備し、機器開発等を行い、2012年から周波数移行を開始する。

(2011年2月15日の情報通信審議会 情報通信技術分科会において、「920MHz帯電子タグシステム等の技術的条件」について審議を開始。)

周波数の移行状況を踏まえつつ、2015年を目途に当該周波数帯での携帯電話の利用を図ることとする。ただし、それまでに移行が完了しない地域等では、既存免許人と調整を図りながら利用を図り、最終的には、2017年度末を目途に移行を進める。
- 3 移行の実施にあたって考慮すべき事項

周波数移行がスムーズに進むよう、RFタグの交換が必要となる場合には、周波数移行作業が複雑になる可能性に留意して、関係者で具体的な移行計画を策定すべきである。

注) 移行対象システムの関係者からは、「(移行に必ずしも賛成ではないが) 移行する場合には、携帯電話事業者等が負担することは必須であり、その他一定の条件確保が必要」との意見がある。

■地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会 設置要綱

1 目的

地域における安心安全のための RFID の利活用を促進するとともに、新たに導入された 950MHz 帯中出力型パッシブタグシステムの早期の普及促進にも資することを目的とする。

2 名称

本調査検討会は、「地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会（以下「調査検討会」という。）」と称する。

3 調査検討事項

調査検討会では、以下の事項について調査検討する。

- (1) RFID の現状、地域における安心安全のための RFID の利活用の検討及び課題の整理
- (2) 地域における安心安全のための RFID の高度化利用の検討
- (3) その他、調査検討の目的達成のために必要な事項

4 構成

調査検討会の構成は以下のとおりとする。

- (1) 調査検討会は、信越総合通信局長の委嘱した委員をもって構成する。
- (2) 調査検討会に座長及び座長代理を置く。
座長は委員の互選によって選出し、座長代理は委員の中から座長が指名する。

5 運営

- (1) 調査検討会は、座長が召集し主宰する。座長不在時は座長代理がこれを行う。
- (2) 調査検討会は、委員以外の者から意見を徴することが必要であると認めるときは、これを行うことができる。
- (3) その他調査検討会の運営に必要な事項は座長が定める。

6 開催期間

平成 22 年 7 月から平成 23 年 3 月までとする。

7 事務局

調査検討会の事務局は、信越総合通信局無線通信部企画調整課が担当する。

■地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会 構成委員

(敬称略 委員五十音順)

【座長】

不破 泰 国立大学法人信州大学 センター長 教授
総合情報センター

【座長代理】

牧野 秀夫 国立大学法人新潟大学 工学部情報工学科 教授

【委員】

落合 孝直 富士通フロンテック(株) 流通事業本部 RFID 事業部
担当部長

金井 伸 松本広域消防局 警防課 課長補佐

小松 俊夫 塩尻市 消防防災課長

小宮山 真康 (株)サーキットデザイン 取締役 技術部長

鈴木 彦文 国立大学法人信州大学 副センター長 准教授
総合情報センター

沼田 陽次郎 (株)富士通長野システム 広域ソリューション事業部ネットワ
ークサービス部プロジェクト課長
エンジニアリング

平野 圭蔵 長野日本無線(株) 基盤技術本部 研究開発部長

松本 悦夫 長野県 危機管理部危機管理防災課課長補佐
兼危機管理係長

丸山 貴史 松本市 危機管理室 次長

簾 成弘 日本電気(株) 新事業推進本部 RFID ビジネス推進
グループ マネージャー

宮坂 邦廣 (有)サンテック 開発課 課長

宗村 信明 新潟県 総務管理部情報政策課課長補佐

森本 裕之 三菱電機(株) IT 宇宙ソリューション事業部
RFID・LBS システムエンジニアリ
ングセンター
RFID・セキュリティ課 専任

以上 15名

■調査検討の経過報告

1 調査検討会の開催

年 月 日	調査検討会の審議内容等
平成 22 年 7 月 12 日 (月)	○ 第 1 回調査検討会 (長野市) 調査検討会の設置について 調査検討会の検討内容等について 地域における安心安全のための RFID システムの 検討について
平成 22 年 9 月 7 日 (火)	○第 2 回調査検討会 (長野市) 実用システムの検討について 基礎実験計画案について スケジュール案について
平成 22 年 12 月 22 日 (水)	○第 3 回調査検討会 (松本市) 実験結果について 報告書素案について
平成 23 年 2 月 17 日 (木)	○第 4 回調査検討会 (長野市) 実験結果について (RF タグを雪で覆う実験等) 報告書案について

2 実験の実施

年 月 日	実 験 内 容 実 験 場 所
平成 22 年 11 月 17 日 (水)	自由空間における 950MHz 帯パッシブタグシステムの 電波伝搬実験 長野県工業技術総合センター電波暗室 (長野県岡谷市)
平成 22 年 12 月 7 日 (火) 及び 22 日 (火)	障害物がある場合の 950MHz 帯パッシブタグシステム 及び 950MHz 帯アクティブタグシステムの電波伝搬実 験 (RF タグを雪で覆う実験を除く) 並びに 950MHz 帯パッシブタグシステム及び 950MHz 帯アクティブタ グシステムの距離と周波数による電波干渉実験 信州大学旭町キャンパス 第 1 運動場 (長野県松本市)
平成 23 年 1 月 11 日 (火)	障害物がある場合の 950MHz 帯パッシブタグシステム 及び 950MHz 帯アクティブタグシステムの電波伝搬実 験 (RF タグを雪で覆う実験) 霊仙寺湖畔家族旅行村芝広場 (長野県上水内郡飯綱町)

■実験で使用した機器等

本実験での使用機器等の主な仕様諸元を以下に記す。

高出力パッシブリーダ装置本体

写真	項目	仕様	
	形式	RF-RW003	
	周波数帯	UHF 帯 952~954MHz	
	通信規格	ISO/IEC18000-6 TypeC ARIB STD-T89	
	出力	高出力型：30dBm(制御 2dB 刻)	
	インターフェース	ホスト側	RS232C/LAN
		アンテナ側	同軸コネクタ (TNC)
	アンテナ端子数	4	
	外形寸法	56 (D)×256(W)×213 (H) mm	
	メーカー	三菱電機	

高出力パッシブリーダ装置アンテナ

写真	項目	仕様
	形式	RF-ATCP002
	周波数帯	UHF 帯 952~954MHz
	偏波方式	円偏波
	利得	6dBi (接続ケーブル含む)
	インターフェース	同軸コネクタ (TNC)
	外形寸法	200 (D)×200 (W)×5 (H) mm
	メーカー	三菱電機

中出力パッシブ・ハンディターミナル

写真	項目	仕様
	形式	AT-870
	周波数帯	UHF 帯 952~954MHz
	通信規格	ISO/IEC18000-6 TypeC ARIB STD-T100
	出力	中出力型：24dBm+3dBi
	インターフェース	USB2.0/IrDA
	外形寸法	200 (D)×86 (W)×47.3 (H) mm
	メーカー	ATID

950MHz 帯パッシブタグ

写真	項目	仕様
	本書での呼称	Label-L
	形式	RF-TGP005-W
	外形寸法	75 (D) × 22 (W) mm
	メーカー	三菱電機
	本書での呼称	Label-M
	形式	SC3001858 Belt
	外形寸法	73 (D) × 17 (W) mm
	メーカー	UPM
	本書での呼称	Label-S
	形式	SC3001275 Web X
	外形寸法	54 (D) × 34 (W) mm
	メーカー	UPM
	本書での呼称	Metal-L
	形式	Max-JPN
	外形寸法	104 (D) × 33 (W) × 8.4 (H) mm
	メーカー	Omni-ID
	本書での呼称	Metal-M
	形式	Flex-JPN
	外形寸法	104 (D) × 33 (W) × 8.4 (H) mm
	メーカー	Omni-ID
	本書での呼称	Metal-S
	形式	Prox-GS
	外形寸法	50 (D) × 16 (W) × 8.4 (H) mm
	メーカー	Omni-ID

950MHz 帯特定小電力アクティブタグ

写真	項目	仕様
	形式	DU-2S-950
	周波数	951.8/952.4MHz (1W)
	通信規格	ARIB STD-T96
	出力	1/5/10mW (ホイップアンテナ)
	外形寸法	54 (D) × 35 (W) × 10 (H) mm アンテナ・突起物除く
	重量	20g
	動作電圧	2.7~3.3V
	消費電力	送信時:35mA/受信時:10mA (Typ.)
	メーカー	サーキットデザイン

実験を実施した電波暗室

写真	項目	仕様
	設置場所	長野県岡谷市 長野県工業技術総合センター内
	測定周波数範囲	10kHz～18GHz
	準拠規格	VCCI(国内)、FCC(米国)、CISPR(国際)等
	測定距離	10m、3m
	メーカー	リケン環境システム

※長野県工業技術総合センターのホームページから電波暗室の仕様及び内部の写真について引用。

地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討
報 告 書

平成 23 年 3 月

地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討会

発 行 総務省 信越総合通信局
事務局 総務省 信越総合通信局 無線通信部企画調整課
〒380-8795 長野市旭町 1108 長野第 1 合同庁舎
TEL 026-234-9953 FAX 026-234-9947
URL <http://www.soumu.go.jp/soutsu/shinetsu/>