

RFID/コンタクトレス IC カード

RFID/コンタクトレス IC カード

1章 RFIDの市場/標準化概要

1-1 はじめに

日本で注目を集め始めている言葉がある。それは「ユビキタス」という言葉である。日本政府が2002年に発行した「情報化白書」の総論テーマが「IT生活の新世紀～ブロードバンドとユビキタス時代を迎えて」であり、インターネットなどのユビキタス環境の進展によるユビキタス社会の実現を展望している。また2003年6月に発行されたe-Japan計画Ⅱにも具体的に盛り込まれている。このように注目されているユビキタスであるが、この言葉はラテン語で「どこにでも偏在（存在）する」という意味である。正確には「ユビキタス コンピューティング」と呼ばれている。このユビキタス社会を実現するためには社会基盤の整備と技術の標準化が不可欠である。具体的なキーワードとしてブロードバンド、モバイルネットワーク、分散処理システム、ヒューマンインターフェイス、RFIDなどがあげられるが、どこにでも偏在し、物をコンピュータに結びつける手段として、RFIDが特に注目されている。この「ユビキタスコンピューティング」を検証するに当たり、RFIDの市場動向/標準化を分析してみる。

1-2 RFID (データキャリア) の標準化

「RFID (Radio Frequency Identification)」は直訳すると「無線周波数識別」となり、具体的なイメージが湧いてこないが、ここでは「無線タグ」及び「電子タグ」などと呼ばれているものを意味する。また、RFIDは非接触型ICカードと技術的には同じである。

RFIDのデータキャリアとしての標準化は、ISO/IEC JTC1 SC31で規格開発を行っている。エアインタフェースは5つの無線周波数の標準化を進めている。本来、使用周波数は1つであるべきであるが、全てのものにRFIDをつけた場合、1つの周波数では実現できないと思われる。そのため、異なったアプリケーションでは異なった周波数を使用するほうが適している場合もあるという考えのもとに複数の無線周波数の標準化が行われている。RFIDの標準化で重要なことは、市場ではOCR、1次元シンボル、2次元シンボル、磁気カード、ICカードなどが混在して使用されるため、これら多種類のデータキャリアのリーダ又はリーダ/ライタとホストコンピュータとのデータの受け渡し方法が同じである必要がある。

表 1-1 ISO/IEC JTC1 SC31 開発規格

Title	P-No.
Part 1 –Reference architecture and definition of parameters to be standardized	18000-1
Part 2 -below 135KHz	18000-2
Part 3 -at 13.56MHz	18000-3
Part 4 -at 2.45GHz	18000-4
Part 5 -at 5.8GHz (中止)	18000-5
Part 6 -at 860 - 930MHz	18000-61,62,63,64
Part 7 -at 433MHz	18000-7
Application Requirement Profiles	18001
Data protocol	15961-1,2,3,4
Data encoding rules and logical memory function	15962
Unique Identification of RF Tag	15963
Software system infrastructure	24791-1,2,3,4,5,6
RFID performance test methods	18046-1,2,3
RFID conformance test methods	18047-2,3,4,6,7
Implementation guidelines	24729-1,2,3,4
RFID emblem	29160

このリーダ/ライタとホストコンピュータとのインターフェイスを共通化しておかないと、バーコードシステムとRFIDシステムが相容れなくなり、ユーザに不必要な負担を強いることになる。したがってRFIDの市場形成が妨げられることになる。なお、表1-1のタイトルにはすべて

Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Radio Frequency Identification が付くのが正式名称である。

1-3 RFID アプリケーションの標準化

RFID を用いたアプリケーションの標準化は、ISO TC204、ISO T104 及び ISO TC104 と TC122 のジョイントワーキンググループ (JWG) で 2002 年から始まった。これはアイテム (物品) 識別の基本となるもので、主にサプライチェーンでの利用を目的としている (現在では、JWG は解消され TC122WG12 が担当)。

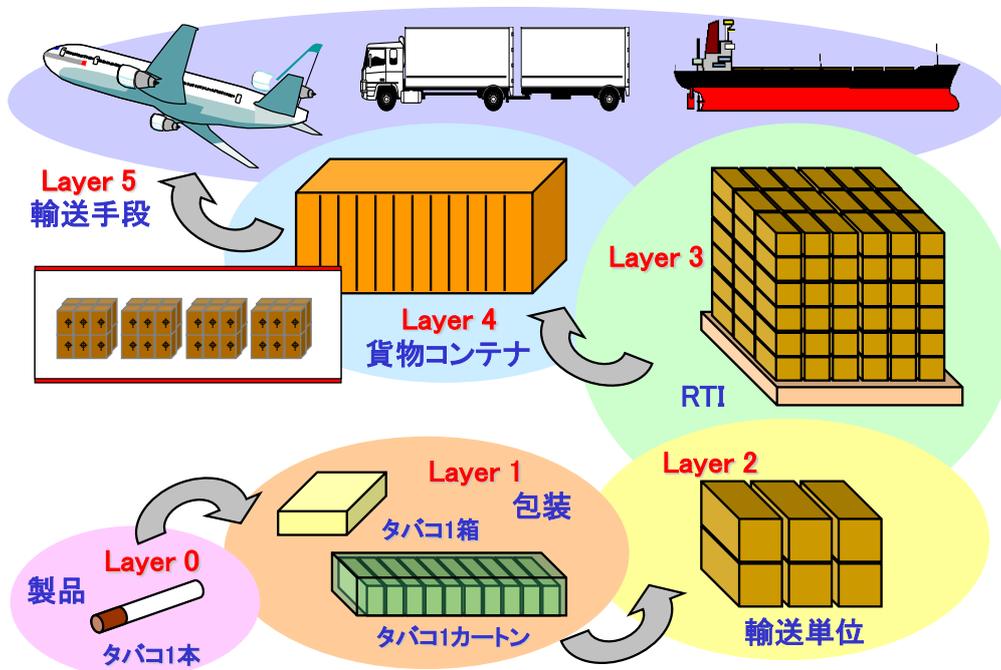


図 1-1 ロジスティクスの階層

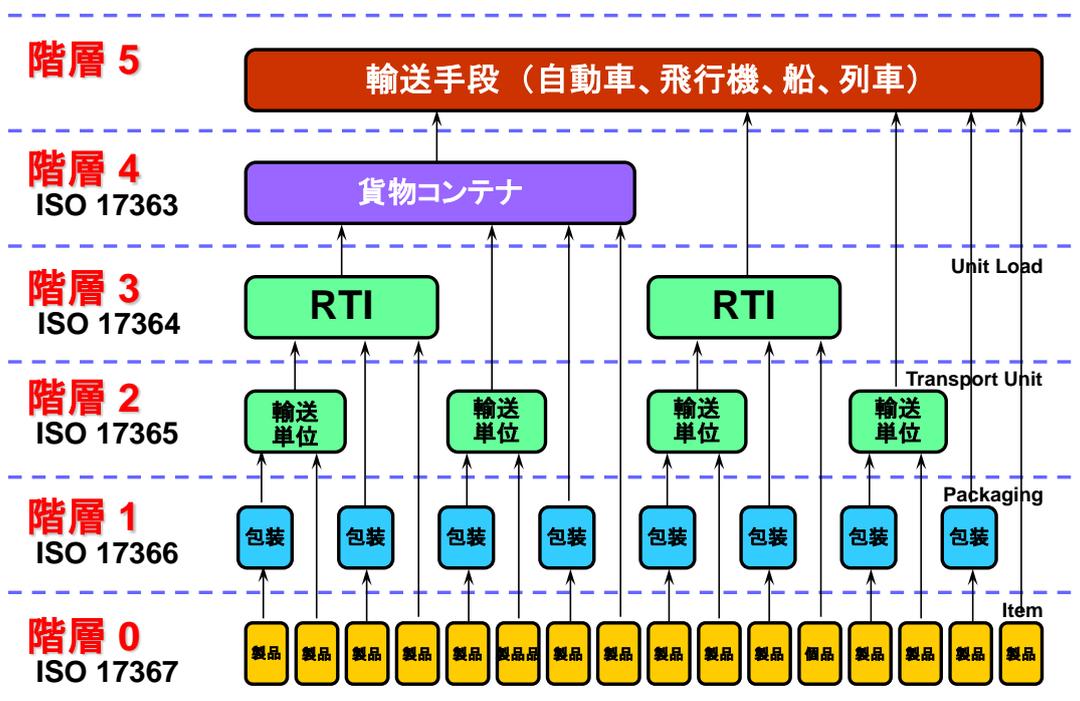


図 1-2 ロジスティクスの階層

図 1-1 の各レイヤは例えばタバコを例にとると、レイヤ0はタバコ 1 本ずつにどのような識別

番号及び付加情報を与えるかを表わしている。レイヤ1はタバコ1箱又は1カートンを表わし、レイヤ2は混載を含む輸送単位、レイヤ3はRTI、レイヤ4は貨物コンテナを表わし、レイヤ5は自動車、船、航空機などの輸送手段に積載された全ての製品集合を表わしている。図1-2は図1-1のレイヤを規格と照らし合わせてみたものである。レイヤ0~4まではISO TC122 WG12で、レイヤ5は主にTC204で規格開発を行なっている。これらアプリケーションの標準化により、サプライチェーンに関係した商品トレーサビリティ及び商品に付加すべき情報が、世界的に統一されることになり、国際的なサプライチェーンマネジメントの高度化が可能となる。

1-4 RFIDの国際市場動向

RFIDの標準化に呼応する様に、国際市場での動きが活発化している。この中でも特に重要なのはGS1の動向である。GS1は世界約100カ国以上に支部を持つ国際的な団体であり、流通系の標準システムの開発及び構築を行なっている。具体的には、電子商取引メッセージ(EANCOM)、標準バーコードシンボル及び標準識別コード(日本では45及び49で始まる商品コードなど)などの標準化を推進している。日本では(財)流通システム開発センター/流通コードセンターが関連機関である。このGS1が事務局となり、GCI(Global Commerce Initiative)が設立された。GCIの理事会は世界的な小売業と流通系メーカーから構成されている。このGCIは9つのワーキンググループを持ち、RFIDに関するインテリジェントタギングという名称のワーキンググループが活発に活動していた。このワーキンググループが提案したのが、G-Tagと呼ばれていたもので、図1-2のレイヤ1に対応しているものである。

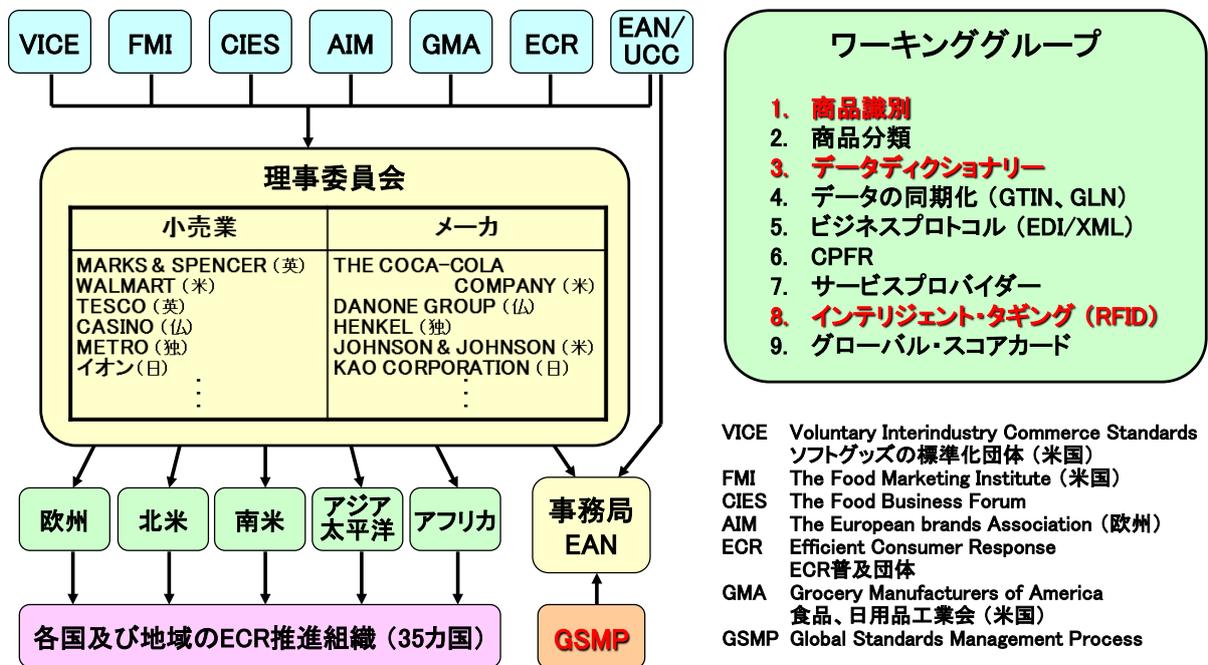


図1-3 グローバルコマースイニシャティブ

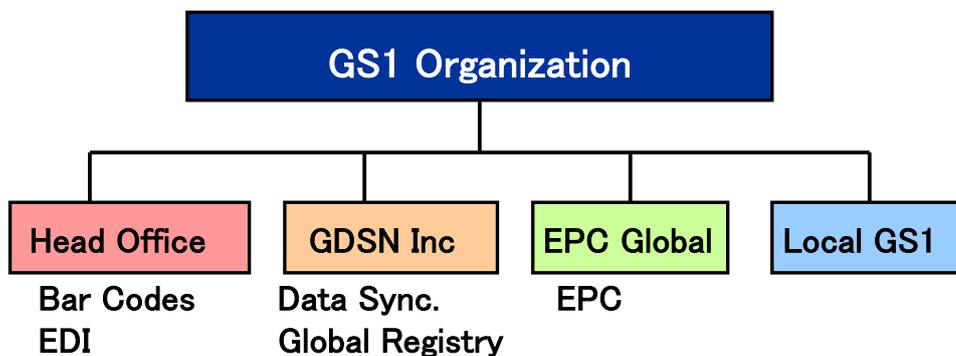


図1-4 EPCグローバルの組織

もう1つ重要なのは、マサチューセッツ工科大学（MIT）のオート ID センターの活動である。2003 年には日本支部が設立され、6 月には GS1 と提携し、力強い活動を展開していた。この活動を強力に推進していたのは、流通業最大手のウォールマートである。オート ID センターのシステムは、全ての流通商品に RFID による ID を付け、その ID 情報からインターネットを通じてデータベースにアクセスすることにより、詳細な商品情報を入手できるようにしたものである。いわゆる集中型データベースシステムへのアクセスにより商品トレーサビリティを実現するものである。その後、GS1 の GCI の活動とオート ID センターの活動を融合した EPC グローバルという組織を設立し、活発な活動を展開している。

1-5 RFID の国内市場動向

日本国内においては経済産業省が商品トレーサビリティ研究会を発足させ、2003 年にその中間報告をまとめた。この中間報告は商品トレーサビリティの基本情報項目をまとめたものであり、これを日本から ISO/IEC JTC1 に国際提案し国際標準として成立した。また、総務省もユビキタスに関連する研究会を発足させ、2003 年に中間報告を提出した。これらの研究会の成果を受け、2003 年に e-Japan 計画 II が策定された。これらの活動と、前述したデータキャリアとしての RFID とアプリケーションの標準化が完了すれば、あらゆる産業分野での応用が可能となる。特にレイヤ 0 は重要であり、全ての商品トレーサビリティの基本となるものである。自動車や家電業界では製品及びその構成部品のライフサイクル管理が容易になる。したがって、リデュース、リユース、リサイクル（3R）がさらに効率化される。食品業界では、O-157 や狂牛病などに対応した食品の安全性保障や、原産地証明が可能となり、医療業界では薬や患者の取り違えなどの問題に対応した安全な医療システムの構築が可能となる。運輸業界では基本的に誤配送が零となり、さらに輸送時間の短縮と貨物のリアルタイム管理が可能となる。

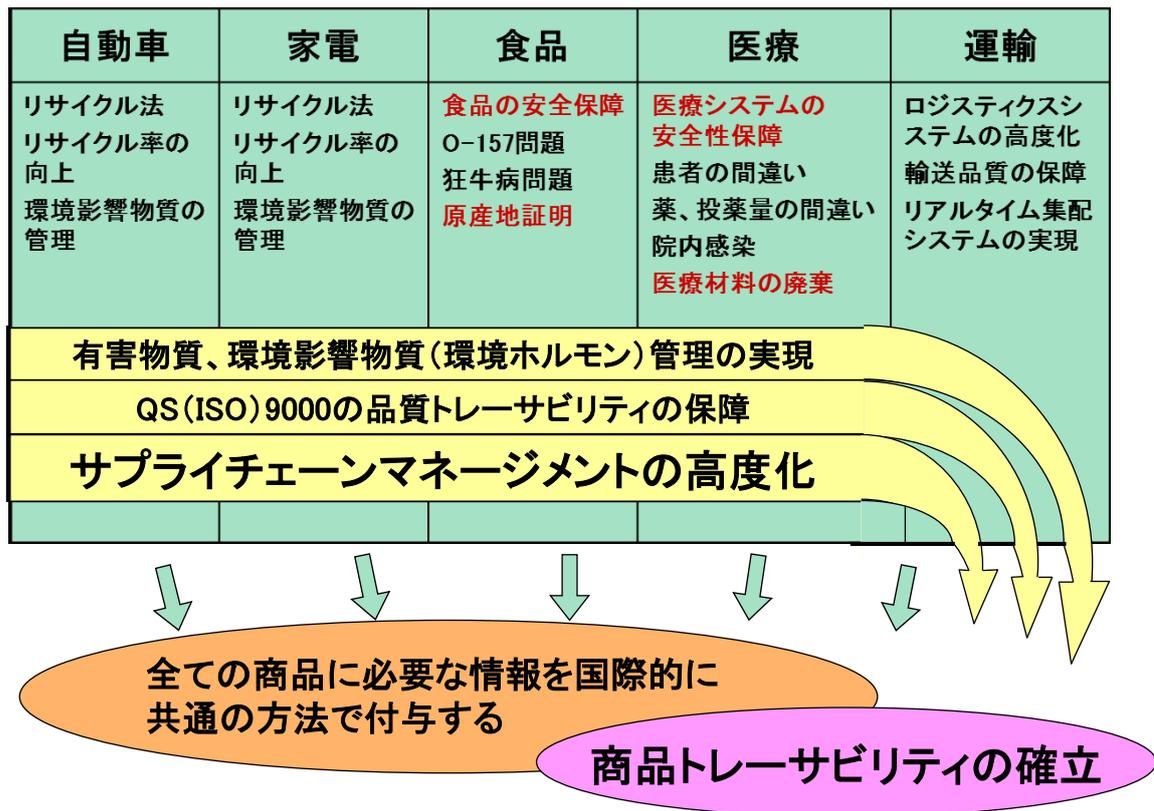


図 1-5 日本の産業分野での RFID の応用

1-6 RFID の未来

RFID は現在のコンピュータ仮想世界と現実の世界とを結ぶリンクとしてユビキタス コンピューティングには欠かせない要素技術であるが、ユビキタス社会実現の過程としてすでに先進的利用が始まっている。ユビキタス コンピューティングと RFID との関係について考察する。

RFID を物品につけることにより、第一に貨物の出発地点/経由地点/到着地点など、貨物の物理

的な移動のリアルタイム管理が可能となる。例えば、空港の手荷物受取所でいくら待っても、出発時に預けたスーツケースが到着しないという経験者は多いと思われる。現在手荷物についているバーコードタグが役立っていない証拠であるが、バーコードタグを RFID に変えることにより、空港での手荷物の仕分けが確実かつ迅速にでき、誤配送が皆無となる。

第二に物品のロケーション管理が不要になる。例えば、書籍に RFID をつけることにより、図書館で利用者は書名を告げるだけで、書籍のロケーションがわかり、即座に目的の書籍を入手することができる。また、港湾や空港のコンテナ基地で検索すべきコンテナ及び物品のロケーションが即座に認識可能となり、コンテナのロケーション管理が不要になる

第三に事務処理の効率を向上させることができる。例えばスーパーマーケットでは、買物カートに商品を載せたまま精算ゲートを通るだけで精算が即座に終了する。

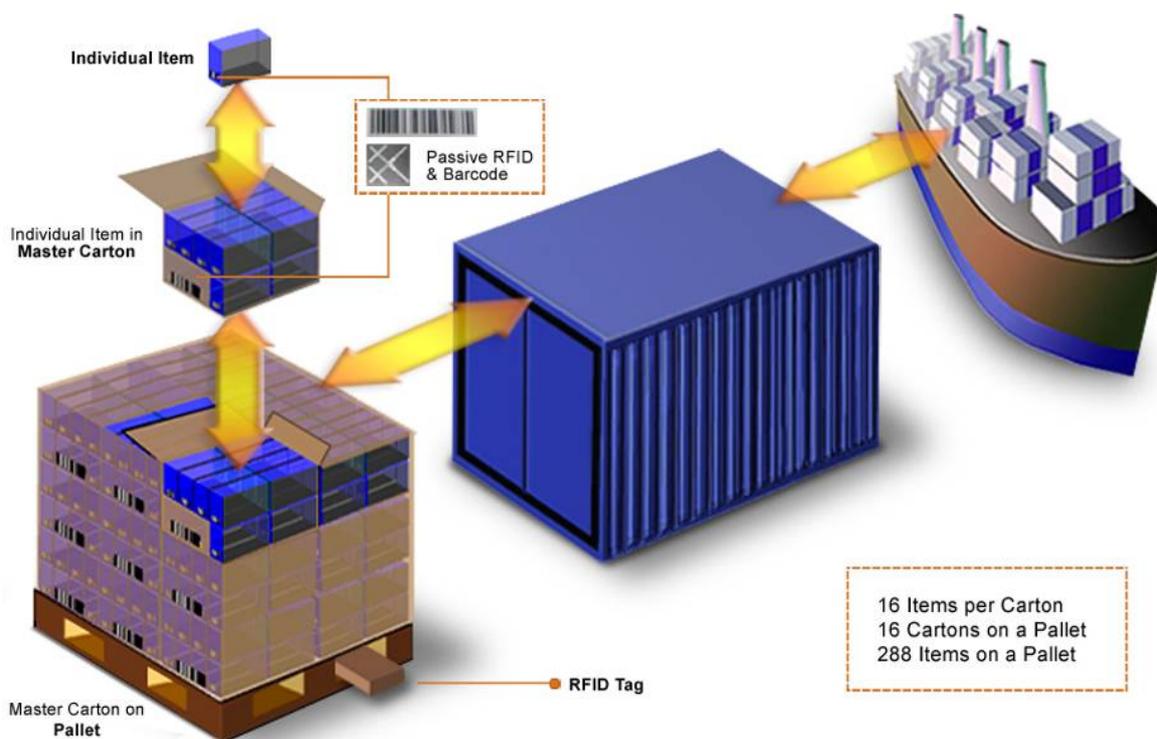


図 1-6 サプライチェーン全域の可視化

第四に暗号機能を備える RFID をカギとして利用することにより、セキュリティレベルを飛躍的に向上させることができる。例えば自動車のドアを開閉するワイヤレスキーやキーに内蔵した RFID が発信する認識コードが車両のエンジンコントローラの認識コードと一致した時のみエンジンを始動する「イモビライザー」はすでに実用化されている。これらの機能をビルや家屋の全てのドアや窓に応用することは比較的容易である。また、紙幣、小切手、株券、チケットなどに RFID を埋め込めば、偽造や不正流通の防止が容易になる。

いままでの例は RFID 同士のコミュニケーションをほとんど必要としないが、RFID 同士がコミュニケーションをすることで人間がコンピュータの存在を意識しないでコンピュータを利用することができる。例えば道路や街灯、信号機、横断歩道など特定の場所に RFID を埋め込むことにより、そこから地域の情報が得られ、地図に頼らず容易に目的の場所に到達することができる。これは歩行者 ITS (Intelligent Transport System) と呼ばれ、RFID を用いることで GPS (Global Positioning System) よりもはるかに小さい誤差で利用者の位置を特定し利用者が快適かつ安全に移動できるように支援するものである。

これは高齢者や視覚障害者、車椅子利用者などがスムーズに移動できるバリアフリー社会を構築できる。目的地に到達する方法として、杖や車椅子に埋め込まれた RFID にあらかじめルートプログラムしておき、施設側の RFID の番号をたどって目的地に到達するのが従来の方法である。ユビキタス社会においては、杖や車椅子の RFID が施設側の RFID とコミュニケーションをとり、現在の状況 (天候、混雑状況、距離、時間など) で最適ルートを選択しながら目的地に到達できるようになる。近い将来すべての物に RFID がとりつけられ、その RFID がお互いにコミュニケー

ションすることにより、ユビキタス コンピューティングの実現が可能となる。

以上述べたように、全ての商品（物品）にRFIDを取り付けることにより、ユビキタスコンピューティングが可能になるが、すべての商品をネットワーク化する方法はいろいろ考えられる。第一はすでに実現している方法であるが、RFIDのデータを読み書きするリーダ/ライタとコンピュータをネットワーク化する方法である。これはすでにインターネットや無線LANとして実用化されている。

第二はRFIDのデータを読み書きするリーダ/ライタをネットワーク化する方法である。技術的には可能であるが、リーダ/ライタの価格が高くなる。

第三はRFIDそのものをネットワーク化する方法である。ユビキタスコンピューティングが目ざすところは第三の方法と思われるが、RFIDの価格がどこまで安くなるかが決め手になる。ユビキタス社会においても、前述の3つの方法をすべて同じ周波数を使用してシステムを構築した方が良いか、あるいはアプリケーションごとに使用する周波数を変えた方がよいのか、まだ明確な結論は出ていない。さらにUWB（Ultra Wide Band）などの新しい方式を採用した方が良いのかも知れない。今後の重要な研究課題の1つと思われる。



図 1-7 コンテナ基地でのアイテム管理

1-7 おわりに

ユビキタス社会を実現するためには、まずRFIDの価格が安いことが条件である。それ以外にも電池レスRFIDの読取り距離の延長、多くのRFIDの同時読取り、RFIDのネットワーク化などの課題はあるが、それよりも、すべての商品の識別コードをどのように体系づけるか、商品（物品）は移動するので、商品（物品）の位置座標をどのように表わすのか、などRFIDに直接関係しない課題の解決も重要である。

参考 RFIDの基礎用語

電荷

電荷には、プラスとマイナスがある。電荷自体は独立して存在しない。プラスの電荷は陽子に、マイナスの電荷は電子に含まれて存在している。

電場と電気力線

陽子が空間に存在するとき、その周辺に電場を作る。電場の強さは距離に反比例する。電子が空間に存在するときも、その周辺に電場を作る。プラスの電荷からは外向きに電場が形成されるが、マイナスの電荷からは内向きに電場が形成される。電場は向きと強さを持っており、この性質をベクトルと呼ぶ。ベクトルは線で表現でき、電気力線と呼ぶ。

電流

銅線に電圧をかけると、電圧をかけた方向と逆方向に電子が流れるが、これが電流である。電子が銅線の中を動く時、銅原子核の振動と電子がぶつかるので抵抗が生まれる。銅原子核の振動は温度が高いほど激しくなるが、絶対零度では振動がなくなるので、抵抗がなくなる。これが超電導である。

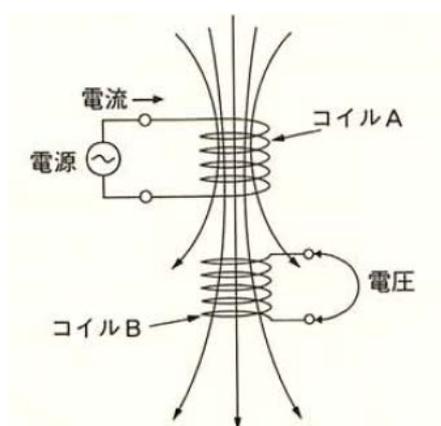
磁場と磁力線

電流が流れると右ねじの法則により、電流の方向から見て右向きの磁場が円形にできる。電線に沿って電流が流れる限り、その周りには磁場ができる。磁場も電場と同じく向きを持っているのでベクトルで表現され、これを磁力線と呼んでいる。磁場の強さは磁束密度で表され、磁束密度は単位面積を通る磁束の数を示す。

電磁誘導

交流磁場の中に、別のコイルを置くと、コイルの両端に電圧が発生する（ファラデーの法則）。コイルAが作った磁場が全てコイルBを貫くと、エネルギーがロスしないでコイルAからコイルBに磁場が伝達される。これは、二つのコイルの中にコア物質（磁場が流れやすい物質）を置くことで実現できる。

コイルAおよびコイルBのコア物質を除くと、コイルAが作った磁場の一部しかコイルBを透過しない。一部の磁場は透過するので、信号や電力を伝えることができる。これが電磁誘導方式のRFIDの原理である。コイルAがリーダ/ライタのアンテナコイルであり、コイルBがRFタグのアンテナコイルに対応する。

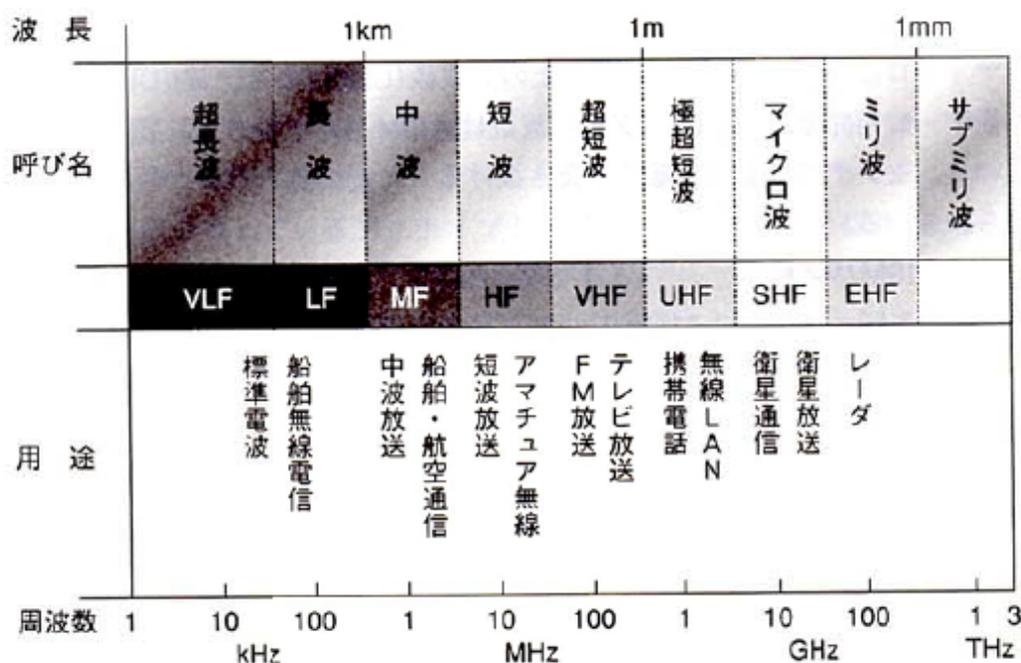
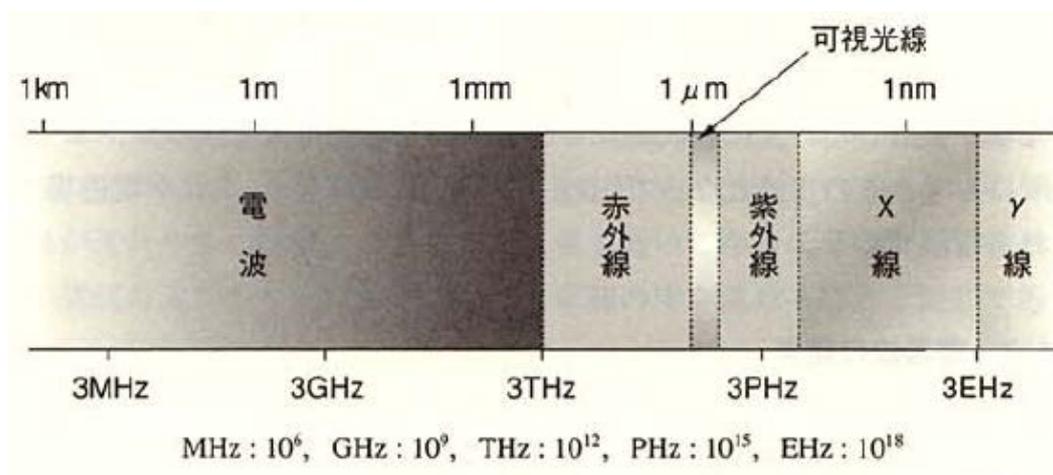


電波

磁場が変動すると電場が形成され、しかも変動する電場が形成される。電場が変動すると磁場が形成され、無限に、電場、磁場、電場、磁場と形成されていく。これが同じ場所で繰り返されても波にならないが、電場が変動した時に形成される磁場は同じ場所にもできるが、すぐ近くの場所にもできるので波となって伝わっていく。これが電磁場の波、すなわち電波である。

周波数

電波法で規定されている電波の周波数範囲は 0~3THz (3000GHz) である。電波の呼び名は超長波~サブミリ波となっている。RFID に用いられている周波数帯を説明する。



(1) 長波 (LF)

長波は 30~300kHz の範囲の周波数帯であるが、RFID で用いられる周波数帯は 135kHz 未満である。蛍光灯の点灯管の周波数は、通常 50kHz 近辺であるので、長波の RF タグに影響を及ぼすことがある。

(2) 短波 (HF)

短波は 3~30MHz の範囲の周波数帯であるが、RFID で用いられる周波数帯は 13.56MHz であり、コンタクトレス (非接触) IC カードも同じ周波数である。

(3) 極超短波 (UHF)

極超短波は 300MHz~3GHz の範囲の周波数帯であり、主に携帯電話で用いられている。RFID に用いられている周波数は 860MHz~960MHz の範囲で各国が規定している。この周波数は第三地域では ISM バンドではないため、1つの周波数にならない。

(4) マイクロ波 (SHF)

マイクロ波帯は UHF 帯以上の周波数を表す一般用語である。RFID で用いられる周波数帯は ISM バンドである 2.45GHz である。

ISM バンド

ISM (Industry Science Medical) バンドは主に通信以外の目的で電波を利用するために設定されている周波数帯のことである。日本 (第三地域) では、13.56MHz、27.12 MHz、40.68 MHz、2.4GHz、5.7GHz、24GHz の各周波数帯が ISM バンドとして設定されている。第二地域 (南北アメリカ) では 900MHz 帯も ISM バンドに指定されている。

搬送波

データをどのような形式の信号に変換して送出するかが変復調であり、変調した信号を載せる電波のことを搬送波と言う。文字通りデータを搬送するための電波である。

通信速度

通信速度とは単位時間当たりどの程度のデータを送れるかを示すものである。例えば、1 秒間に 9600 ビットを伝送できれば、9600 ビット・秒となる。

変調速度

変調速度とは単位時間当たりどの程度変調を行うかという概念である。1 回の変調で 2 ビット送るような変調方式で 9600 baud (ポー)・秒では、19200bps (ビット・秒) になる。

ポーとデータ転送レート (通信速度) を表す bps は、本来は異なる概念である。例えば、被変調波の伝送する 1 回のパルスが変調信号の 1 ビットに対応する場合、1baud のときのデータ転送レートは 1bps となる。被変調波の 1 回のピークが 4 ビットの情報に対応する場合、1baud でも転送効率は 4bps である。

ところが、転送レートのことをポー・レートと呼ぶような誤った用法が過去には存在し、現在もその名残が見られることがある。その理由は、かつては 1 回の変調で 1 ビットを転送するために、変調回数と転送効率が一致するシステムが多かったためである。しかし、今日では、帯域幅を効率的に利用するために 1 回の変調に複数のビット (たとえば 4 ビット) をコード化するのが一般的であり、変調回数と転送レートとは数字的には一致しないことのほうがむしろ多いので、注意が必要である。

たとえば、四位相偏移変調 (QPSK) によって 1 回の変調で 2 ビットが処理されている通信速度 1200bps のモデムは、600 ポーである。また、9600bps のモデムでは多くの場合変調方式は 16QAM であり 1 回の変調で 4 ビットを送り出し変調レート 2400 ポーで済み、64QAM 変調方式では 1 回の変調当たり 6 ビットであり、2400 ポーでは 6 倍の 14,400bps の通信速度を得られる。

消費電力

RF タグの消費電力は、通信距離と密接に関連しており、電池を搭載しない RF タグでは、多くの場合、電力供給が可能な距離が交信距離となる。

アイソトロピック (等方性)・アンテナ

アンテナの送受信の能力を特長付けるための、実際には存在しない理想的なアンテナ。アイソトロピック・アンテナとは、アンテナ自体は大きさを持たず、全方向に均等に電波を放射するアンテナである。

ダイポール・アンテナ

ダイポール・アンテナ (Dipole Antenna) またはダブルレットアンテナ (Doublet Antenna) は、ケーブルの先 (給電点) に 2 本の直線状の導線 (エレメント) を左右対称につけたアンテナである。モノポールアンテナとともに線状アンテナの基本となるアンテナであり、最も構造が簡単なアンテナである。アマチュア無線用の自作アンテナとして広く普及している。導線は水平の状態 で用いることが多い (水平ダイポール)。

グランドプレーン・アンテナ

グランドプレーン・アンテナ (Ground plane Antenna) は、アンテナの一種である。アメリカ RCA 社が警察無線のために初めて実用化したため、ブラウンアンテナとも呼ばれる。水平面では無指向性であることから、基地局、移動局、アマチュア局など、HF から UHF において不特定多数の無線局間の通信用アンテナとして使用される事が多い。

基本構造は、1/4 波長の 1 本の垂直エレメントと、その下部から放射状に広がる数本の 1/4 波

長のラジアルから構成されている。原理上は、1/4 波長接地型垂直アンテナにおける大地の代用として、ラジアルを設置したものと考えることができる。

実効放射電力

実効放射電力とは、ある一定の方向に放射される電波の電力の強さのことを指す。EIRP がアイソトロピック・アンテナを基準とした電力を指す場合、英語では「Equivalent Isotropic Radiated Power」(「Effective Isotropic Radiated Power」) となり、頭文字をとり「EIRP」とも呼ばれる。これを直訳すると「実効等方放射電力」となる。一方、ダイポール・アンテナを基準にした電力は「Isotropic」を抜かして「ERP」と呼ばれ、日本語では「実効放射電力」と呼ばれる。

日本の電波法施行規則では、第 2 条 78 号により後者を「実効輻射電力」、第 2 条 78 号の 2 により前者を「等価等方輻射電力」と定義している。

アンテナ利得 (ゲイン)

一般的に、入力電力を等しくし、アンテナがある方向へ放射した電力と基準アンテナが同一距離の点に放射した電力の比をアンテナ利得という。

指向性を持つアンテナにおいては、放射が最大となる放射角におけるエネルギーの強さをアンテナの利得としてデシベル (dB) で表す。表記には 2 通りあり、半波長ダイポール・アンテナを基準とする dB または dBd 表記と、全ての方向に均等に電波を放射する仮想的なアイソトロピック・アンテナを基準とする dBi 表記がある。dBi 表記は dBd 表記より 2.14dB (又は 2.15dB) 大きな値となるため、利得の比較には注意が必要である。

アンテナの指向性

電波の放射方向と放射強度との関係を指向性という。指向性は放射角と放射強度の関係をレーダーチャートにした図で表される。ダイポール・アンテナは 2 つの円を並べた「8 の字特性」、ブラウン・アンテナ (垂直面内) は 2 つの半円を並べた特性となる。グランドプレーン・アンテナ (水平面内) のように特定の面では 360° 均等に電波が放射される無指向性のアンテナもある。

利得の大きなアンテナほど指向性は鋭く、特定の方向へ強く電波を放射する。指向性は高周波電流を電波に変換する場合 (送信) と同様に、電波を高周波電流に変換する場合 (受信) でも同じ特性となる。八木・宇田アンテナなど鋭い指向性を持つアンテナでは、放射が最大となる方向 (メインローブ) と逆方向の利得 (F/B 比) やそれに直交する方向 (サイドローブ) の利得 (F/S 比) も性能を示す重要な指標である。

EEPROM

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) は不揮発性メモリの一種で、コンピュータなどの電子機器で電源を切っても保持しておくべきデータを格納するのに使われている。EEPROM は利用者が内容を書き換え可能な ROM であり、印加する電圧を読み取りのときよりも高くすることで何回も記憶内容の消去・再書き込みが可能である。高い電圧は最近の EEPROM ではチップ内部で発生させるようになっている。

FRAM

強誘電体メモリ (Ferroelectric Random Access Memory, FeRAM) は、強誘電体のヒステリシスを利用し正負の自発分極を 1 と 0 に対応させた、不揮発性の半導体メモリ。強誘電体膜の分極反転時間は速い (1ns 以下) ため DRAM 並みの高速動作が期待できる。FRAM とも呼ばれるが、これは Ramtron 社の商標で、登録されている。富士通は同社とのライセンスにより FRAM の名称を使用している。

2章 RFIDの基礎

2-1 定義

RFIDとは「Radio Frequency Identification」の略である。RFIDに関してはいくつかの定義があるが、JISにおいては、「JIS-X0500：2002」で、「誘導電磁界又は電波によって、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なうものの総称。」と定義されている。また、RF タグとは、同様に JIS で、「半導体メモリを内蔵して、誘導電磁界又は電波によって書き込まれたデータを保持し、非接触で読み出しできる情報媒体」と定義されている。

JIS-X0500-3：2009 では「RF タグの固有 ID を読み取るシステム。RFID は、種々の変調方式と符号化方式とを使って、RF タグへ又は RF タグから通信するために、スペクトルの無線周波数部分内における電磁的結合又は静電結合を、具体的に利用している。」と定義されている。

RFID	誘導電磁界または電波によって、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。
RFタグ	半導体メモリを内蔵して、誘導電磁界または電波によって書き込まれたデータを保持し、非接触で読み出しできる情報媒体。
リーダ／ライタ	RFタグのデータを書き込み、読み出しする装置。通常、アンテナと制御装置で構成する。
アンテナ	リーダ／ライタの一部で、RFタグと物理的に電磁界ないしは電波の送受信を行う導体素子放射部分(空間結合素子部分)。
交信	RFタグとリーダ／ライタ(アンテナ)間の無線通信。

図 2-1 RFID の定義

ここでポイントとなるのは、JIS-X0500：2002 の定義では RF タグには半導体メモリを内蔵していることが前提となっているということである。つまり、例を挙げると万引き防止等に多く活用されている共振タグ等は、一般的に半導体メモリを搭載していないために RFID ではないということになる。

また、数多くの資料や記事で、アンテナ（リーダ/ライタ）と RF タグとが無線通信する際の距離を「通信距離 XXcm」と書いてあるのを目にするが、これも誤りで、アンテナ（リーダ/ライタ）と RF タグとの無線通信の場合には、「交信距離 XXcm」という表現にしなければならない。「交信」という言葉も、JIS で「RF タグとリーダ/ライタ（アンテナ）間の無線通信」と定義されている。

2-2 分類

(a) 機能分類

項目	リードオンリー (RO)	ワンタイムライト (WORM)	リードライト (R/W)		
メモリ種類	EP-ROM	EED-ROM	EED-ROM	Fe-RAM	S-RAM
機能	メーカーでデータ書き込み ユーザ書き込み不可	メーカーで1回 書き込み	ユーザで自由に 書換え	ユーザで自由に 書換え	ユーザで自由に 書換え。電池有
メモリ容量	数 10 ビット	~100 ビット	~数 K バイト	~数 K バイト	~数 K バイト

(b) 電力供給方式分類

パッシブタグ (Passive Tag)	セミパッシブタグ (Semi-Passive Tag)	アクティブタグ (Active Tag)
・アンテナ(リーダライタ)からの供給電力のみで動作 ・交信距離: 数 mm~数 m	・アンテナ(リーダライタ)からの供給電力と内蔵電池エネルギーで動作 ・交信距離: 数 cm~数 m	・内蔵電池エネルギーで自ら動作 ・交信距離: 数 m~百数 10m

2-3 特徴

- ・非接触で情報の読み出し/書き込みができる。
- ・豊富な情報が格納できる。
- ・見えなくても交信できる。
- ・複数のRFタグ情報を一括アクセスできる。

(a) 非接触でRFタグ情報の読み出し/書き込みができる

RFIDの最大の魅力は、「非接触で情報の読み出しや書き込みができること」である。特に、「いつでも、どこでも、自由に情報の書き込みができる」という点では1次元シンボルや2次元シンボル、あるいは接触式カード等では実現が難しいため、この特徴はRFIDを活用する際の大きなポイントとなる。

一般的に製品を製造する際には、RFタグをパレットに取り付け、製品をそのパレットに載せて搬送することが多い。そして製品のベースとなる部品、例えば自動車のエンジンの場合にはエンジンブロック等に関する、製品番号、ロット番号、生産開始日時、組付け部品情報、生産プログラム番号等の様々な情報をRFタグに書き込む。その後、プロセスが進むにつれて各工程で必要な管理情報（工程進捗等）をRFタグに追加書き込みしていく。最終の検査工程では、まず各製品に応じた検査項目や検査プログラム情報等を書き込んだ後、各検査が完了した時点で検査結果情報や検査データを書き込む。そして、最終工程でそれまでRFタグに書き込んだ情報を全て読み出して、製品管理情報としてサーバに保管するといった使い方になる。

つまり、各プロセスではRFタグの情報を中心とした管理になり、ホストの負荷を大幅に軽減すると共に、RFタグの情報だけで管理できるリアルタイム処理が可能になる。また、出荷の際には、折りコン（折りたたみコンテナ）や出荷用のパレットに付けたRFタグに仕分け情報や出荷管理情報等を書き込み、受け入れ側では入庫した日時や入庫元情報等を追記し、RFタグの情報だけでシステムの制御や様々な管理をすることができる。そして、これらの情報を最終的に全て読み出してホストに格納してデータベース管理をする。このような仕組みを構築することで、製品とRFタグとの情報が一元化されるため、結果的にはトレーサビリティ等も実現しやすくなる。

(b) RFタグには豊富な情報が格納できる

自動車業界等の製造工程で採用されるRFタグは、一般的に読み書きが可能で、かつメモリ容量が数100バイトから例えば64Kバイトといった豊富な情報量を有するタイプが多い。また、前述のように各プロセスで必要とされる生産管理情報をRFタグに持たせて、各プロセスではなるべくホストに負担をかけない自律分散制御方式によって「ものと情報との一元化」を図る使い方が主流になっている。これは、まさにRFIDの読み書き機能という特徴を理解し、それを最大限に活かした活用の仕方である。このようなRFIDの活用方法は製造業分野では当たり前で、その歴史は約20年前にさかのぼる。最近では、RFタグに格納する情報量をもっと拡大したいというニーズも増加している。ただし、製造業においても例外はある。例えば半導体工場等では1次元シンボルを以前から採用してきた経緯もあり、プロセス管理のためのデータベース化や各種ネットワークの構築が非常に進んでおり、ネットワークの二重化をなどのシステムダウン時の対策もほぼ完璧に整備されている。そのため、RFタグを採用した場合にも、RFタグに格納する情報は比較的少ない場合が多い。

また、ユビキタス関連のRFタグも格納できる情報量が数10バイト（数100ビット）と非常に少なく、1次元シンボル並み、あるいはそれ以下の情報しか使用しない分野もある。このようなRFIDの場合、RFタグへの新規情報追記があまりできないために、どうしても毎回ホストとのやり取りやホスト側でのデータベース管理が必要となる。つまり、製品番号レベルはRFタグで管理できるが、その製品が持つ履歴情報などは全てホスト側での管理となり、1次元シンボルと同じような使い方になる。

(c) 見えなくても交信できる

1次元シンボルや2次元シンボルと違って、RFIDには見えなくても読み書きができるという特徴がある。身近な例として、RFIDはJR東日本の乗車券等にも採用されているが、カードを定期入れの中に入れてそのままでも改札機でアクセスすることが可能である。RFIDは電磁波（電波）を活用したシステムなので電磁波（電波）が届きさえすれば、アンテナとRFタグとの間に障害物があっても読み書きをすることができる。ただし、その障害物が金属等の場合には、電磁波（電波）を透過することが困難になるので、当然アクセスは難しくなる。また、同じような周波数のRFタグやカードを重ねた時も障害が起こってアクセスできなくなる場合がある。また、見えなくても交信できるということは、周囲環境にも強いと言える。1次元シンボルの場合には、汚れや水等

が付着すればデータが読めない場合がある。時には誤読となる可能性がある。また、2次元シンボルには誤り訂正機能があるが、これはデータ領域の汚れには強いが、タイミングパターンや切り出しシンボルが判別できないような汚れ方の場合には、読取りが難しくなる。言い換えれば、ある程度、汚れ方を制御できるような環境でなければ使えない。

(d) 複数個のRFタグ情報を一括アクセスできる

1次元シンボル等では実現できないRFIDの特徴として、アンチコリジョン機能がある。これは、アンテナの発信領域内に存在する複数個のRFタグの情報を同時に読み出したりする機能のことである。例えば、食品業界等で多くみられるアプリケーションで、個々の通い箱にRFタグを取り付けてその通い箱を数十段積み重ね、積み重ねられた全部の通い箱情報をゲート型のアンテナで一度に読み出すといった使い方や、アパレル関連に多くみられるようなRFタグが付けられた個々の洋服を数十着まとめて箱に入れ、その箱が入庫した時に専用のゲートアンテナで個々の商品情報を一度に読み出して検品する、といったアプリケーションで有効な機能がアンチコリジョンである。

一般的に、この機能を実現するには、まず個々のRFタグを別々のものだと認識できることが大前提となる。つまり、全てのRFタグの中には、各々固有ID（ユニークID = UID）という情報が格納されており、この固有IDを読み出すことで個々のRFタグが別々のものだという認識をするのである。そして、この固有IDの情報は、基本的にはRFタグ用のIC製造工程で記録されることが多く、一度書き込んだら二度と書き換えることはできない唯一無二の情報となっている。また、アンチコリジョン機能を使う場合、個々の情報を順番に読んでいくためにアクセスする時間は当然長くなる。そのため、実際のアプリケーションで考慮しなければならないのは、RFタグとアンテナ間のアクセススピードである。一般的にはこのアクセススピードを発信速度と呼んでおり、「XX KBPS」という表現をする。数十個から数百個程度のRFタグの情報を短時間で効率的に、かつ高い信頼性で読み出そうとすれば、実質的には少なくとも50KBPS～数百KBPS程度の発信スピードが必要になる。

ただ、実際のアプリケーションを考えると、このアンチコリジョン機能が全ての状況で確実に使える訳ではない。この機能を完全な状態で使うには、RFタグの方向や対象物の材質等に制約があることを忘れてはならない。一般的には、アンテナとRFタグとがきちんと正対した状態が、本来、最も安定した発信をすることができるが、実際のアプリケーションでは製品に取り付けられたRFタグが様々な方向を向いていることが多い。このような場合には、アンテナを平面的に置くのではなく二次元的、あるいは三次元的なゲート構造にする等の工夫をすることで、読取り精度を向上させることが可能になる。また、RFIDは原理上、電磁波（電波）を媒体として情報の読み書きをするものであるが、電磁波（電波）は一般的には金属体を透過できず、アンテナとRFタグとの間に金属体が存在すると発信が寸断されてしまう。現在のRFID技術では運用にあたっての理想と現実とのギャップがあることを否定できない。

2-4 伝送方式

(a) 電磁結合方式

JIS-X0500 : 2002 では「電磁誘導方式」の中で密着形を「電磁結合方式」ということが定義されているが、日本におけるRFIDのルーツはまさしくこの「電磁結合方式」である。「電磁結合方式」のRFIDの場合には、アンテナとRFタグ間でのトランス結合がポイントとなり、これはまさしく近接センサ関連技術の応用であった。

また、日本で最初にRFIDが活用されたアプリケーションが工作機のマシニングセンサ（MC）における工具管理という観点から考えると、例えば周囲金属の影響による発信距離低下をどうやって回避するか？ という点でも金属の有無検知等に使われる近接センサの技術やノウハウが重要なキーと担っていた訳である。そのため、近接センサのメーカーが、まず国内におけるRFID事業の展開を始めたという歴史がある。この方式で採用された周波数帯は、400kHz～530kHz帯が主流であり、一般的な近接センサで使用される周波数帯に近いものがほとんどである。そして「電磁結合方式」の場合、発信距離は一般的に最大でも10～15cmレベルである。

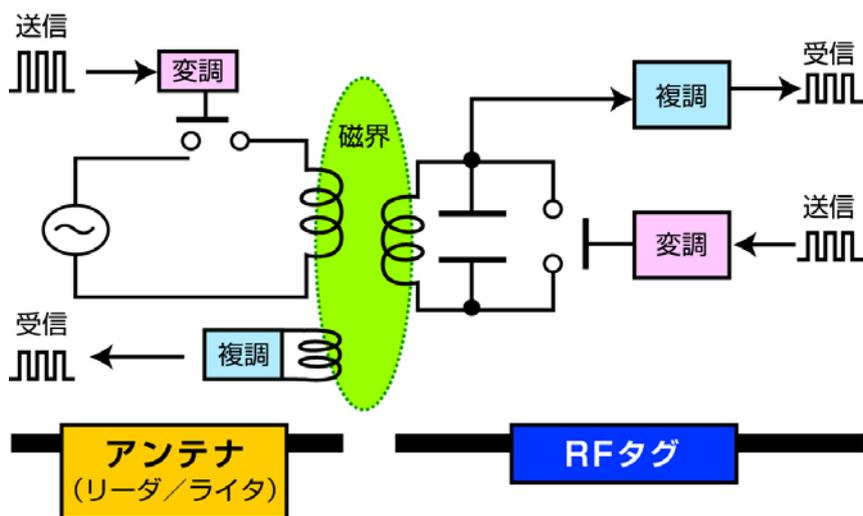


図 2-2 電磁結合方式の原理図

(b) 電磁誘導方式

日本で「電磁誘導方式」の RFID が登場したのは 1990 年頃である。「電磁誘導方式」の RFID の場合には、海外から輸入された製品が多く存在した。また、多くの機種は周波数が、125kHz~135kHz 帯のものであった。「電磁誘導方式」は、原理的に「電磁結合方式」よりも長距離交信ができ、かつコイン型・スティック型をした RF タグが実現できていたため、幾つかのアプリケーションでは「使い勝手がよさそう」と注目された。しかし、この方式はその周波数帯の特性上、耐ノイズ性等の面で色々使い方が難しいことも多く、その特性を十分に理解しないで採用したユーザでは、実際の現場で交信ができない、あるいは交信距離が低下して使い物にならない等のトラブルが発生したのも事実である。

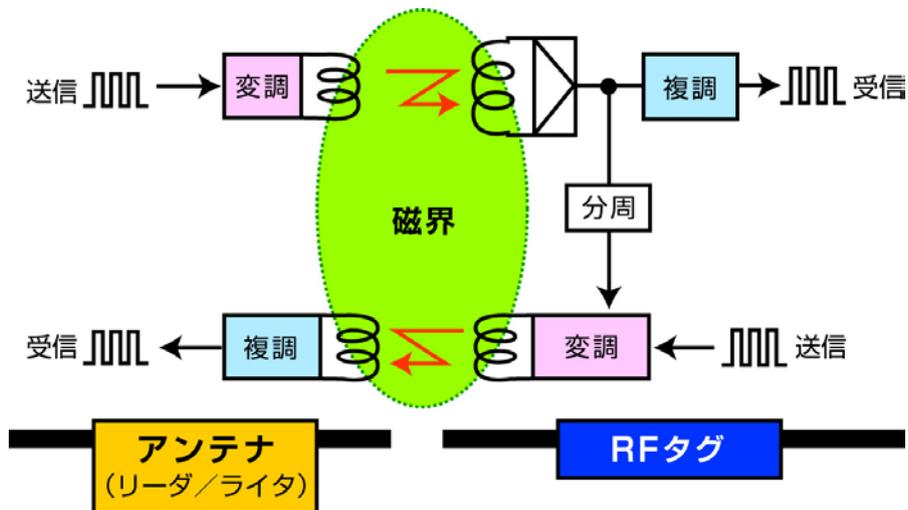


図 2-3 電磁誘導方式の原理図

最近の「電磁誘導方式」の RFID においては使用する周波数が 13.56MHz 帯のものが多くなっている。この周波数帯は、以前は国内で、RFID としての使用が認められていなかった（微弱無線局では使用可能）が、IC テレホンカードが登場した時に電波法の改正がされて利用できるようになった。その後、この周波数帯に関しては国際的にも RFID 用途として認められる帯域になり、急速にこの周波数帯の RFID の採用が広まった。例えば国内においては JR 東日本や JR 西日本の乗車券等に採用された。さらに電波法に関しては、その後、欧米の規定値に近いレベルまで出力が出せるように追加改定された。その結果、電池レスタグで 50cm レベルの長距離交信が実現できる RFID 機器が無線局の免許開局無しで使えるようになった。

(c) 電波方式

「電波方式」は、JIS-X0500：2002 において「マイクロ波帯又は準マイクロ波帯の電波によって交信する方式」と定義されている。この方式は「電磁結合方式」と並んで国内で採用され始めた歴史が古く、それは1980年後半からである。周波数としては、2.45GHz帯が主に使われており、RFIDの中では最も交信距離が長いタイプである。この方式は2m以上の長距離交信が可能であることが魅力である。古くは電池内蔵タイプが多かったが、最近ではRFタグに電池を内蔵していない比較的価格が安いタイプも多くなってきた。しかし、RFタグに電池を搭載せずに2mレベルの交信を実現するには、アンテナから大きなパワーを提供しなければならないので一般的にはユーザでの免許が必要になる。また、これらが電池内蔵タイプの製品と大きく異なる点は、読み出し距離と書き込み距離との差である。電池内蔵タイプの場合の交信距離5mというのは、読み出し時も書き込み時もほとんど変わらない。しかし、電池レスタイプの場合には、読み出し時は例えば2m、しかし書き込み時は1mといったタイプが多い。

UHF帯(860MHz~960MHz)については2005年に使用できるようになった。しかし、この周波数帯域は日本における携帯電話の周波数帯域であるため、国内でRFID用途に開放される帯域は952~955MHz帯のわずか3MHzである(現在920MHz帯に移行している)。米国では26MHzの帯域幅が使用可能なためにそのパフォーマンスを十分に発揮できるが、たださえ干渉や反射が多いUHF帯のRFIDで、しかも帯域幅が3MHzしかとれないので、実際のアプリケーションでの使い方が制限される。

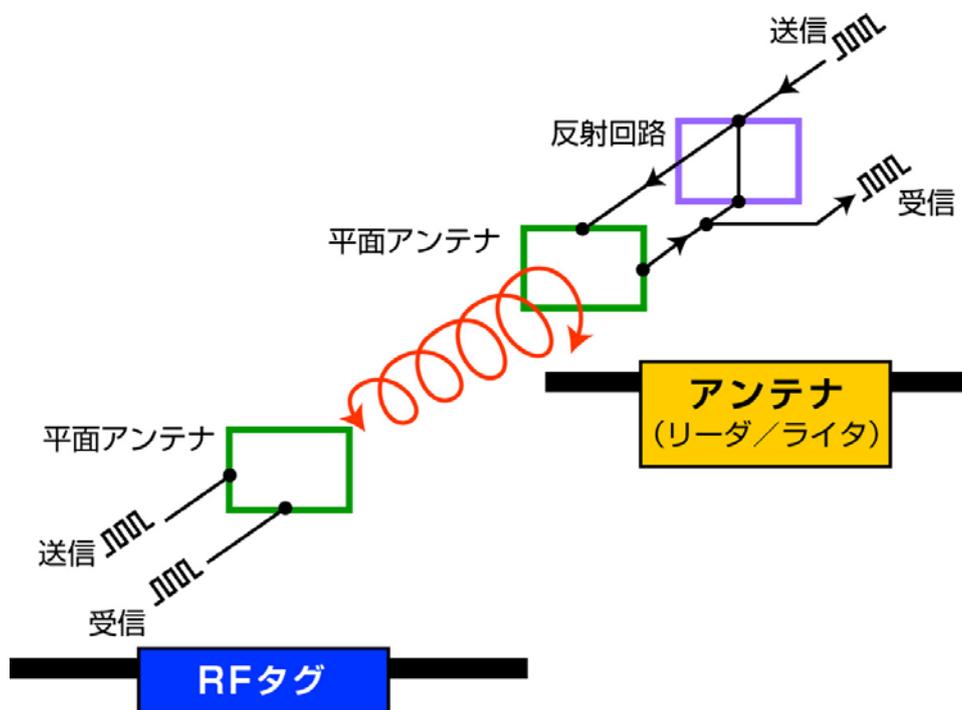


図 2-4 電波方式の原理図

市場に新しく登場したのものとして433MHz帯がある。現在、日本国内では電波法上、433MHz帯はコンテナ用途に限定されているが、将来、この周波数帯域も開放される方向にあると思われる。また、この周波数のRFIDの大きな特徴はどちらかといえばアクティブタグになる。つまり、RFタグに電池を内蔵して自らが電波を発信して存在を知らせるようなタイプであり、ほとんど無線に近い機器になる。アンテナから数100m離れたところに存在するRFタグが検知できるために、ロケーション管理等のアプリケーションでは大きなメリットを見出すことができる。現在、国内では微弱無線局対応の同様の製品が使われているが、多くは300MHz帯の周波数で、交信距離は数10mレベルとなっている。

2-5 選定時の留意点

実際にRFIDを導入する際に、「RFIDの方式や周波数がどう関係してくるのか?」、あるいは「何に留意して機種を選定すればよいのか?」について述べる。これまでRFIDを採用したものの結果的に失敗に終わったユーザも少なくない。

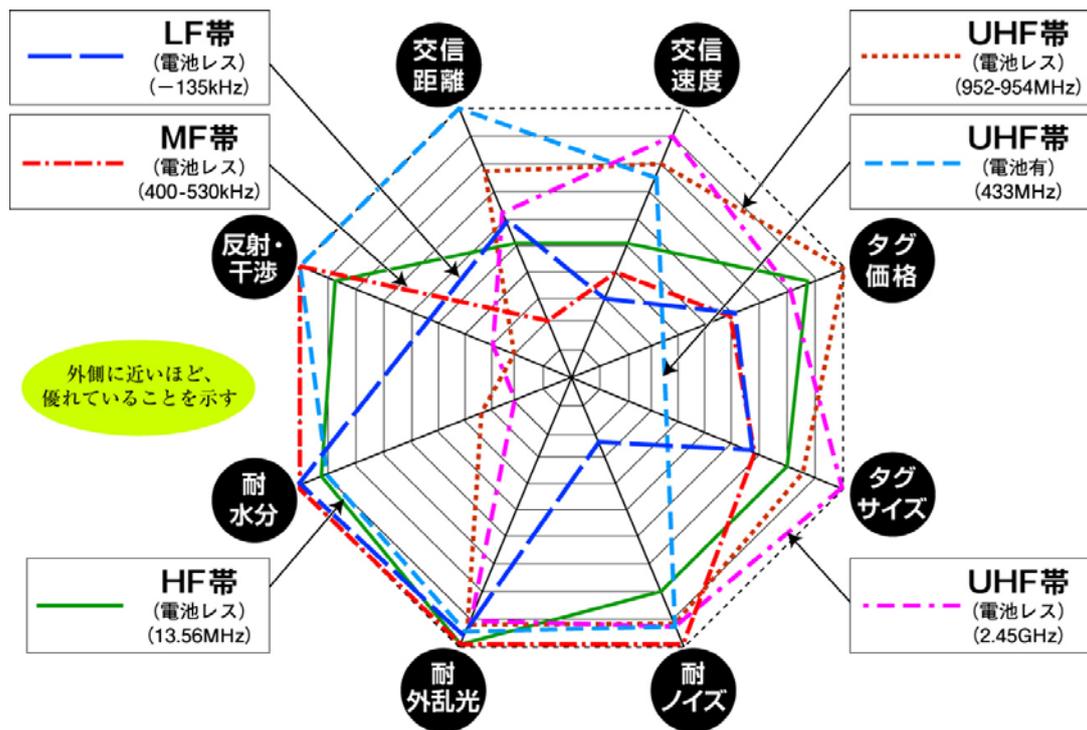


図 2-5 周波数別による RFID の主な特徴

その中には、アプリケーションや現場を十分に把握しないままに機種を選定してしまい、結果的に十分な RFID のパフォーマンスを発揮させることができずに失敗した例が多い。やはり、大切なことは機種の特徴を正しく理解しておくことである。ここでは、方式/周波数別に RFID の特徴を中心に述べる。

(a) 電磁結合方式 (周波数 400—530kHz 帯)

この方式は国内の FA 分野で最も多く採用されている方式である。周波数的にも比較的 FA 現場ではノイズの少ない帯域でもあり、一言で言えば近接センサが使用できる環境であれば問題なく使える。また、金属に埋め込みが可能な小型タグや 150°C レベルの耐熱性を有するタグも多く存在するため、この方式がカバーできるアプリケーションの幅も広い。

ただし、通信距離 10~15cm レベルなので、どちらかと言えば、しっかりと位置決めができるラインであることが前提となる。また、通信速度は 10KBPS 程度の製品が多いために、高速搬送ラインで使う場合には、一度に読み書きできる情報量に制限がある。なお、電磁結合方式の製品の多くは、アンチコリジョン機能を有していない。つまり、アンテナと RF タグとが 1:1 の通信をする前提で設計されているために、アンテナの前に複数個の RF タグが存在するようなアプリケーションでは使用できない。また、アンテナの近傍に同様の周波数を持つ近接センサ等が存在すると干渉して通信できなくなることがある。そのため、近接センサを設置する際には、異周波タイプを使う、あるいはアンテナからセンサを物理的に離すことが必要となる。なお、この周波数帯域は ISO/IEC における RF タグの国際標準には定義されていないために国際物流等に使用することは難しい。

(b) 電磁誘導方式 (周波数 125—135kHz 帯)

この周波数帯の製品は、電磁結合方式では難しい長距離通信が可能である。例えば A4 サイズのアンテナ形状で RF タグのサイズを葉書サイズにすれば 1m 近い通信距離を実現できる。しかし、これは周囲環境が良い場合である。例えば、FA 環境には様々なノイズ源がある。電源ノイズ、スイッチングノイズ、インバータノイズ等が代表的であるが、このようなノイズの多くは、およそ 100kHz 帯の周波数が多い。つまり、このようなノイズ源がアンテナの近くに存在する場合には、アンテナと RF タグ間の伝送信号とノイズとが区別できない、といった現象が起こる。そのために正確な通信ができず、通信距離が大幅に低下したり、場合によっては全く通信ができなくなったりすることがある。

この方式ではアンチコリジョン機能を搭載している製品も多い。また、RF タグの形状もスティック型といった特殊形状が実現できる方式のため、半導体のキャリア管理や動物、ペットへの埋

め込み等のアプリケーションでも採用されている。ただし、この周波数帯の RF タグの場合には、コイルを非常にたくさん巻かなければならず、かつ IC に外付けのコンデンサが必要になるため、RF タグの形状を薄くすることは非常に難しい。それ以外の特徴としては、耐熱性という点でリネンサプライ品の管理等でも使用可能な 180°C レベルの耐熱性を有する製品も存在していることである。

(c) 電磁誘導方式（周波数 13.56MHz 帯）

ここ数年で、普及が進んできた 13.56MHz 帯の RFID は、50cm レベルの通信距離、アンチコリジョン、および 100 円以下の低価格の RF タグが実現できる点が注目されている。特に、13.56MHz 帯の RFID は IC カードの分野での利用が先行しており、ISO/IEC14443 や ISO/IEC 15693 といったカードの標準規格が決まっていたために、その技術の横展開として RF タグも実現しやすかったと言える。この周波数帯の RF タグは 2 つに大別される。前述のカードと同様に高速通信を重視した高機能・短距離タイプと 50cm 程度の通信まで可能な中機能・長距離タイプである。前述の場合には、通信距離は 5~10cm 程度であるが、アンテナ-RF タグ間の通信速度が 106K~212KBPS レベルと非常に速い。例えば、10 バイト程度の情報であれば 10msec (1/100 秒) 以下で読み取り書いたりできるほど高速なものである。通信時の位置決めが重要な高速搬送ラインやタクトタイムが短い製造ライン等には最適な機種と言える。

後者は大型アンテナとカードサイズの電池レスタイプが多く、50cm レベルの長距離通信が可能であり、通信速度は約 27KBPS である。このタイプは RF タグ用の IC チップを開発しているメーカーも多いため、様々なメモリ容量、メモリ種類の RF タグが存在している。さらに、規格に適合した機器が多く、メーカー相互間の製品互換性も高いため流用性に優れる。RF タグの価格もインレットレベルでは数 10 円の価格を実現していることも特徴として挙げられる。また、ほとんどの機器がアンチコリジョン機能を搭載しているために、アンテナの前に存在する複数の RF タグ情報を同時に読み出すこと等が可能であり、物流、流通における製品の一括検品等のアプリケーションへの活用が期待されている。この種の RF タグの多くは、その構造が 1 チップ IC とコイルだけで出来ているようなシンプルな構造であり、そのため、RF タグの価格が安いのも納得がいく。しかし、その反面、設計によっては通信距離のバラツキが大きくなり易い。また、RF タグを低価格にするために、コイルの材質を特性の優れた銅製ではなくアルミ製にしたり、コイル部をエッチング加工ではなく印刷にしたりすることも多く、これも通信距離のバラツキ要因になりやすい。

(d) 電波方式（周波数 2.45GHz 帯）

2.45GHz 帯の電波方式で特に注意が必要なことは、電波の反射、および水分等による通信距離低下である。また、最近では無線 LAN や Bluetooth 等が様々な現場で使用される機会も多いため、電波干渉にも十分留意しなければならない。

一般的に、電波方式は長距離通信ができることが大きな特徴と言える。しかし、アンテナ前面周辺に金属体や障害物があるとアンテナから発した電波が反射してしまい、本来数 m の通信しかできないはずが、数 10m 離れたところにまで電波が到達することもある。そのため、アンテナと対向した RF タグだけを対象に通信したつもりが、数 10m 離れた場所にある RF タグにもそれと同一の情報を書き込んでしまった、ということが実際に起こり得る。また、アンテナの設置環境においては、アンテナとアンテナ間を十分に離しておかなければ、隣のアンテナから発せられた電波が邪魔をして通信エラーが多発してしまう、といった不具合も発生することがある。同様の周波数帯で運用している無線 LAN 機器がアンテナに隣接している時も電波干渉が起こり易く、全く通信ができないといった現象が起こることも多い。さらに、電池内蔵タグの場合には、無線 LAN 等から出ている信号をタグが受けた際に、RF タグが勝手にウェイクアップして（動作モードに入って）しまい、RF タグに搭載された内蔵電池が知らない間に消費してしまうといった問題が発生することがある。また、電池レスタイプの RF タグを使用する場合には、アンテナからの供給電力のみで RF タグと通信する必要があるため、一般的には電池内蔵タイプの機器よりも数 10 倍強い出力をアンテナから発生する必要がある。電波法上は、特定小電力無線局での規定が 10mW 以下に対して、構内無線局の場合には 300mW という規定になっているが、アンテナから発せられた電波が金属や障害物で反射したり、干渉したりする確率が非常に高くなるのは避けられない事実である。そのため、特に狭い場所や周囲金属が多い場所でこのタイプを使用する際には、電波の反射や干渉に留意しておかなければならない。

電波方式に共通な注意点としてはこれ以外に水分の影響が挙げられる。マイクロ波はご存知のように、家庭用の電子レンジにも使われている周波数帯と同じである。そのため、例えば衣類や書籍にタグを付けて管理するアプリケーションの場合、布や紙の状態、つまりそれらが乾燥して

いる時と湿気を含んだ時とでは交信距離が大きく変わってしまうという特徴がある。万一、管理する対象物をそれが乾燥した状態だけの評価をしてアンテナの設置位置を決めたり、システムを構築したりしてしまうと、対象物が水分を含んだ状態になった時に全く読み書きができないといった事態も発生する。また、人の管理にマイクロ波方式のRFIDを使用する時にも同様に注意が必要である。入退室ゲート管理用途等で人にタグを持たせて、離れたところに設置したアンテナから情報の読出しをするようなアプリケーションでは、RFタグ（カード）とアンテナ間に別の人が存在すると全く読まなくなる。また、人がRFタグを胸に付けてアンテナに対して後ろ向きに立っているような場合にもアクセスができなくなる。人間の身体は約65%が水分であり、マイクロ波の特性上、人間の身体を通して交信ができないためである。

(e) 電波方式（周波数952-955MHz帯⇒916.7-923.5MHz帯）

920MHz帯は、特性的には前述の2.45GHz帯に類似する点が多い。特に電波の反射、干渉、あるいは水分等の影響に関しては、2.45GHz帯の特性と非常に共通点が多い。920MHz帯の場合には、電池レスタイプのRFタグであるにもかかわらず、交信距離（読み出し距離）が5m以上を実現できるということから、アンテナが発生する電波出力も非常に高いレベルになる。つまり、2.45GHz帯と同様にアンテナ間の干渉や周辺金属、障害物での反射も大きく、その影響度は予想がつきにくい。特に日本の場合には、周波数帯域が916~923MHz帯の7MHzしかないため、26MHzの帯域をフルに使って周波数ホッピング方式を採用している米国等とはその特性や使い勝手が大きく異なる。

(f) 電波方式（周波数433MHz帯、300MHz帯）

433MHz帯はアマチュア無線用途に割り当てられている帯域なので、2007年現在、国内ではコンテナ用途限定でしか使用できない。国内で使用されている微弱無線局対応の300MHz帯の製品が特性的に比較的類似しているのではないかと考えられる。300MHz帯の製品はアクティブタグが主であるが、この周波数帯域の電波は、障害物等があっても他の方式に比べて電波の回り込みが大きく、かつ水分の影響も950MHz帯と比較しても少ない。一台のアンテナの周囲に存在する数10個以上のRFタグ（アクティブタグ）が検知でき、将来的にはそれぞれのRFタグの位置検知、いわゆるロケーション管理ができるとなれば、様々なアプリケーションへの応用が考えられる。例えば、倉庫内における部品・製品管理や製品プール（車両置き場なども含む）内でのロケーション管理用途として、非常に強力なツールになると思われる。

3章 RFIDの原理

3-1 概要

RFIDシステムは、リーダ/ライタ（質問器：インテロゲータ、アンテナとも呼ばれることもある）とRFタグ（応答器：トランスポンダ、データキャリアと呼ばれることもある）で構成されている。一般にRFタグは、移動体に取付け、もしくは携帯するメモリであり、リーダ/ライタの近傍にて非接触によりメモリからのデータの読出し、または、メモリへのデータの書込みを行う。

RFタグが様々な用途に使われるようになるにつれて伝送方式、交信距離、記憶容量、形状、耐環境性、価格などに関して様々な仕様のものが商品化されている。なお、RFタグの特徴を大きく決定する要因として、伝送方式、記憶媒体（電池の有無）がある。

3-2 伝送方式

RFタグに使用される伝送方式としては、既に述べたように電磁結合方式、電磁誘導方式および電波方式の3種類がある。全ての伝送方式に共通した特徴は、リーダ/ライタからRFタグに対して電力伝送が可能であることと、1次元/2次元シンボルに対して汚れに強いことである。

- ・ **電力伝送**：情報の伝送とともに電磁誘導による電力伝送が可能であるため、電池レスにできるとともに、小型化が可能である。
- ・ **汚れに強い**：例えば、1次元/2次元シンボルのような光学的読取でないため、汚れに強い。特に、電磁結合方式、電磁誘導方式は、RFタグとリーダ/ライタの間に、金属以外のものであれば何（水、油、紙、プラスチック、木、等）があっても交信できるという他の自動認識システムにない特徴を持っている。

3-3 伝送方式とその特徴

RFタグの主要な機能である交信距離、耐環境性など情報伝送に関する特性は主として伝送方式、記憶媒体によって決まってしまう。一般には用途によって必要な交信距離、耐環境性が決められるため、各用途と伝送方式は一定の対応関係がある。表3-1は、商品化されているRFタグ（リード/ライトタイプ）を情報の伝送方式別に、主な仕様と特徴を表にしたものである。また、図3-1

に周波数帯と交信距離による用途を示す。

表 3-1 伝送方式による比較

伝送方式	交信距離	記憶媒体	記憶容量 (バイト)	耐環境性		
				汚れ	ノイズ	耐熱性
電磁結合方式(電池内蔵)	～百数 cm	SRAM	～32k	○	○	△
電磁結合方式(電池レス)	～百数十 mm	EEPROM	～数百	○	○	○
電磁誘導方式(135kHz 未満)	～1m	EEPROM	～数百	○	△	○
電磁誘導方式(13.56MHz)	～数 10cm	EEPROM(FRAM)	～数 k	○	○	○
電波方式(電池内蔵)	～5m	SRAM	～32k	△	○	△
電波方式(電池レス)	～2m	EEPROM	～数 10	△	○	○

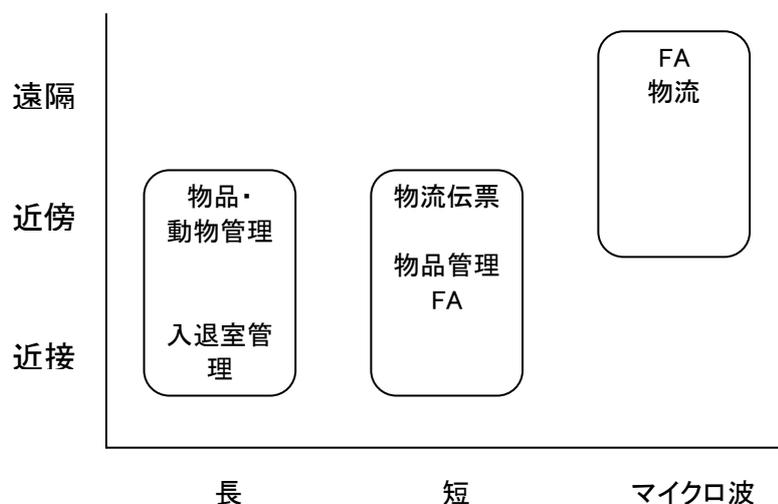


図 3-1 RF タグの用途

これらの図と表は、一般的な用途に必要な交信距離、耐環境性、記憶容量を元に必要な RF タグを選定する参考情報になる。例えば、自動車の完成車組立てラインなどでは 2～3m の交信距離を持ち、記憶容量の大きい電池内蔵電波方式、物流管理などでは、交信距離が 1m 程度で、電池レスになる電磁誘導方式、または電池レス電波方式が有効であると推察できる。

3-4 記録媒体

RF タグに使用する記憶媒体の種類と特徴は下記の通りである。

- ・ **SRAM** : S-RAM は記憶保持用に電池を内蔵する必要があるが、情報の読書きの高速性と記憶容量の大容量化が可能である。短所としては、電池を内蔵するため、小型化がしにくいこと、電池寿命により RF タグの寿命が決まること、特殊な保護構造無しでは高温や低温での使用が出来ない。
- ・ **EEPROM** : EEP-ROM は記憶保持用の電池が不要であるため、最も多く電池レス RF タグに使われており、また、記憶保持可能な温度が高い。短所としては、書き込み回数が数十万回と限定されること（読出しは回数制限無し）、読出し時間より書き込み時間が長いことなどである。
- ・ **FRAM** : FRAM は記憶保持用の電池が不要であり、読出し、書き込み時間も速い記憶媒体である。ただし、現在商品化されているものは記憶保持可能な温度が 100℃以下のものである。

上記の記憶媒体は、全てリード/ライト可能なものであるが、リードオンリータイプと呼ばれる読出し専用の RF タグや一度だけ書き込みが可能なワンタイムライトの RF タグも存在し、リード/ライトタイプと比較して、安価な RF タグが製造可能である。

3-5 アンチコリジョン

従来の RF タグでは、一つのリーダ/ライタでは、一つの RF タグとの交信しかできなかった。複数の RF タグに対して読出しを実行した場合、各々の RF タグからの情報が衝突し、読出しができない。また、同時に書き込みを実行した場合には、RF タグへの書き込みが正常に行われただけでな

く、最悪の場合には、RF タグ内のデータを破壊してしまうこともある。このため、従来の RFID システムでは、リーダ/ライタの通信可能範囲内には、一つの RF タグしか存在しないようにシステムでの制限、対策が必要であった。最近では、RF タグとリーダ/ライタの通信制御に、アンチコリジョン（衝突防止）という方法を用いることで、一つのリーダ/ライタの通信可能範囲内に複数の RF タグが存在しても、データの読出し、書込みが可能となった。ただし、この機能を用いたとしても、RF タグの重なりやノイズの影響により、リーダ/ライタの通信可能範囲内にある全ての RF タグと必ず通信できるとは限らないため、用途に応じて、読取エラーが発生した場合の対応を検討しておく必要がある。

3-6 電磁結合方式とその特徴

電磁結合方式は、コイルを使用したリーダ/ライタを、RF タグのコイルと対向させて通信を行う。この方式では、リーダ/ライタに RF タグを数 mm～百数十 mm の距離に設置し、リーダ/ライタのコア入りコイルや空芯コイルに、数百 kHz～数 MHz の交流電流を印加することにより生ずる相互誘導により、リーダ/ライタ側のコイルと RF タグ側のコイルとの間で、電力伝送と通信を行っている。



図 3-2 リーダ/ライタのコイル

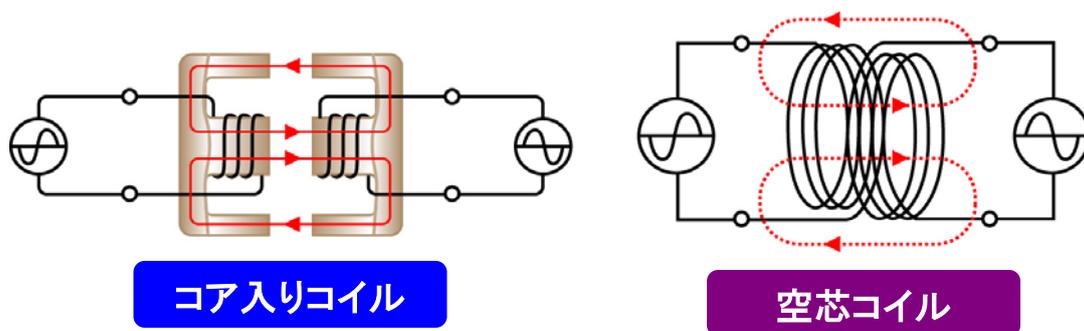


図 3-3 リーダ/ライタと RF タグの伝送イメージ

(a) システム構成

図 3-4 に電磁結合方式における RFID システムの構成の例を示す。この例では、リーダ/ライタ内に送信用コイル L1 と受信用コイル L2 を独立して持っており、データの読出し、書込みも送信用コイル L1 の発振出力を基本信号として作動する。また、RF タグでは、コイル L3 を使用し、送受信を行う。

(b) リーダ/ライタからの送信動作

RF タグから情報を読出す場合や RF タグへ情報を書込む場合、コントローラから転送される読出し、書込み命令に応じた信号を、リーダ/ライタ部にて、変調し、コイルに印加する。リーダ/ライタのコイル L1 と RF タグのコイル L3 の相互誘導により、L3 には変調信号が誘起される。RF タグ内部では、L3 に誘起した信号を元に、RF タグの動作電源の生成や信号の復調を行う。RF

タグは、この復調信号に応じて、データメモリの読出しや書き込みを行う。

(c) リーダ/ライタの受信動作

リーダ/ライタからの要求に応じて、RF タグはデータメモリの読出しや書き込みを行った結果を、コイルL3 を通じて変調信号として送出する。リーダ/ライタでは、RF タグから返信された変調信号をコイルL2 にて受信し、復調する。

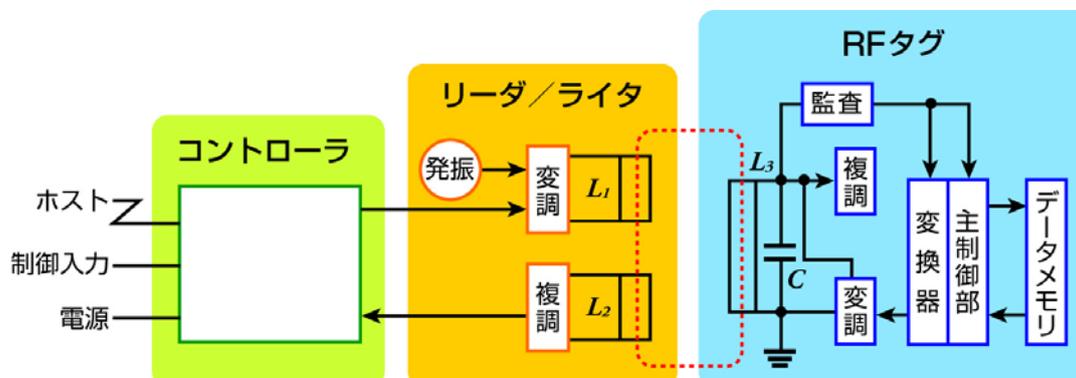


図 3-4 電磁結合方式 RFID システムの構成

(d) 変調方式

リーダ/ライタと RF タグの伝送に用いられる変調方式としては、以下のようなものがあり、リーダ/ライタからの変調信号と RF タグからの変調信号で異なる変調方式を採用する場合もある。

- ・ ASK 変調方式：ASK とは、Amplitude Shift Keying の略称であり、送信する信号の振幅を変更する方式である。例えば、100% ASK 変調の場合、“0” を発振停止、“1” を発振とする。
- ・ FSK 変調方式：FSK とは、Frequency Shift Keying の略称であり、送信する信号の周波数を変更する方式である。一般的には、2 つの周波数を用いて、“0” と “1” の信号情報とする。
- ・ PSK 方式：PSK とは、Phase Shift Keying の略称であり、送信する信号の位相を変更する方式である。

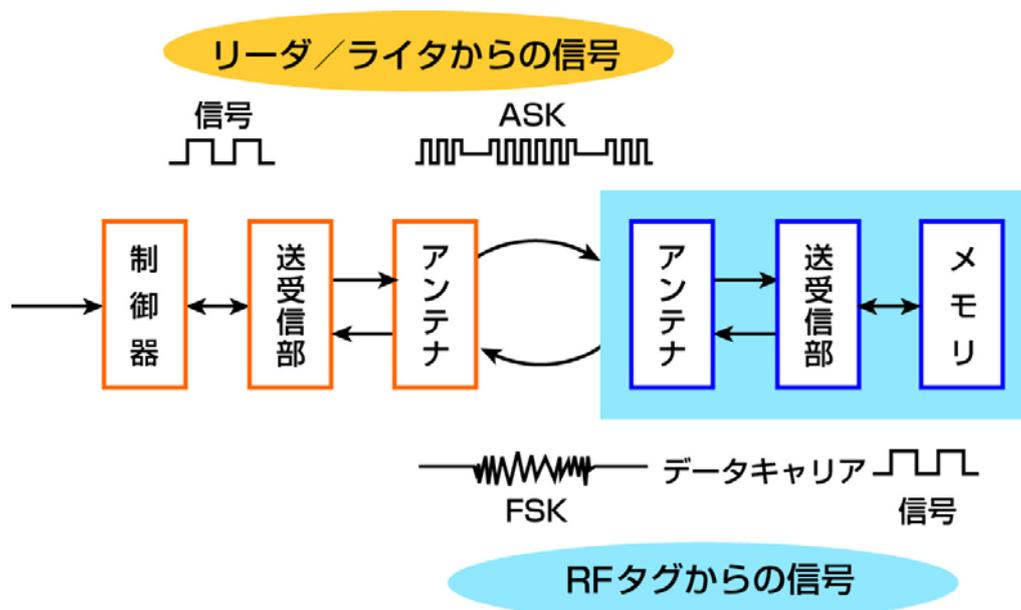


図 3-5 変調方式の例

(e) 特徴

電磁結合方式は、リーダ/ライタからの送信出力が弱いので、微弱電波の範囲で使用することが

可能であり、次のような特徴がある。

- ・ RF タグの電源は、リーダ/ライタからの供給またはメモリ保持のためだけの電池使用ですむため、取扱いが便利で長寿命である。
- ・ コンクリートなどの非導電体や人体の接近による影響が無く、取扱いが比較的簡単である。
- ・ 水、油や直射日光などの影響を受けず、塵埃や汚れに強い。
- ・ 近距離交信のため磁気的な結合が強く、耐ノイズ性が良好である。
- ・ コア入りのコイルを用いた場合、RF タグの金属埋め込みが可能となる。

(f) 適用例

電磁結合方式の RF タグは、交信距離は短いですが、近接スイッチなどと同様に取扱いが比較的容易であり、FA 現場での使用に最適であり、パレットやワークに取り付けて使用したり、工具に埋め込んで使用したりする。

(g) 使用にあつたての留意点

- ・ 磁気が金属で吸収され通信特性に影響を及ぼすことがあるので、金属取付け・埋込みが可能で無い RF タグは金属から離して取り付けるなど、十分な注意が必要である。
- ・ 交信エリアが比較的狭いので、RF タグとリーダ/ライタが対向して停止した状態で交信するなど、確実な情報の読書きができるよう設置に注意する必要がある。

3-7 電磁誘導方式とその特徴

電磁誘導方式は、ループコイル、または、コア入りコイルを数十 cm の間隔で対向して配置し、100kHz 程度、または、13.56MHz の信号電流を通電することにより、リーダ/ライタのコイル近傍に発生する誘導電磁界を電力・情報伝送媒体として使用するものである。

この方式は、使用周波数の取扱い易さから、100kHz 程度のものは、動物管理、セキュリティ、等に、13.56MHz のものは、FA、物流、セキュリティ、電子式乗車券、等の幅広い分野で使用され、多くの実績があるとともに、13.56MHz は今後も幅広く使用される可能性が高い。また、RF タグも用途に合わせ、棒型、コイン型、ラベル型、カード型など、各種の形状のものがある。

この方式は多くの製品が販売されており、仕様的にも選択の幅が広い。交信距離は、最大 1 m 程度まであり、情報量は数バイト～数 k バイト、情報の伝送速度は数 kbps～212kbps である。

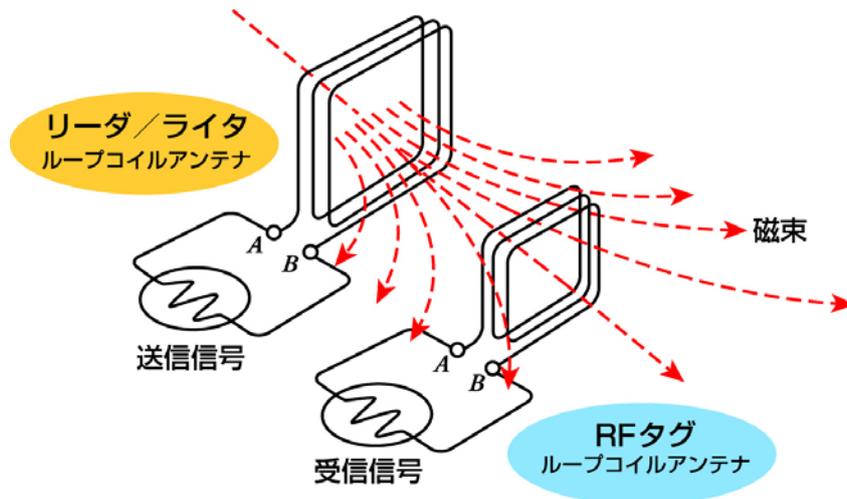


図 3-6 電磁誘導方式のイメージ



写真 3-1 棒型 RF タグ (125kHz)



写真 3-2 コイン型 RF タグ (125kHz)

(a) 動作概要

リーダ/ライタとRF タグの変調方式に関しては、電磁結合方式と同じ方式である。

(b) 特徴

電磁誘導方式の特徴は、電磁結合方式と同様に、媒体としている誘導電磁界の特性によるもので、主として悪環境に強いこと、データ伝送上の信頼性が高いことである。また、電磁結合方式に無い最大の特徴は、ISO 規格による標準化が進んでいることである。次に、使用する上での特徴について述べる。

- ・ 悪環境（雨、氷、塵埃、油、磁気など）であっても影響を受けない。このため、FA、道路、鉄道などの環境条件の悪い所でも十分使用することができる。ただし、100kHz 程度以下の周波数を使用しているものは、FA では、装置や電源からのノイズの影響を受ける可能性があるため、注意が必要である。
- ・ リーダ/ライタの指向性が緩やかなため交信範囲が広い。
- ・ リーダ/ライタからの出力規制が緩和されている周波数帯では、リーダ/ライタとRF タグの大きさを変更することで、交信距離を大きく変化させることが可能である。例えば、交信距離1m程度用にはA4サイズのRF タグ、50cm程度であればカードサイズ、20cm程度であればコイン形のように用途にあったものを選択することができる。
- ・ 浸透性が良いため、非導電体（人体、ガラス、木材、プラスチック、紙など）がRF タグとリーダ/ライタ間に入っても交信が可能である。

(c) 使用上の留意点

- ・ **RF タグの留意点**：RF タグをパレット、ワークなどの移動体に固定する場合は、できるだけ金属から離して固定する。金属体が近くにあると大きな影響を受け、読取範囲が変わるなどの影響が出てくる。
- ・ **リーダ/ライタの留意点**：リーダ/ライタを設置する際は周囲の金属の影響が少ないように設置する。またアンチコリジョン機能の無い製品については、リーダ/ライタの交信範囲内には必ず一つのRF タグしか入らないようにする。さらにリーダ/ライタの設置場所はできるだけノイズ源から離す。特に100kHz 程度以下の周波数を使用しているRFID システムは注意が必要である。

3-8 電波方式とその特徴

電波方式は、UHF および 2.45GHz の周波数帯を使用して、リーダ/ライタとRFID との間でデータの送受信を行う。

(a) 動作概要

電波方式のRFID システムは、電波法上、特定小電力無線局の移動体識別装置として規定されている。電波によるデータ伝送は、UHF および 2.45GHz という非常に周波数の高い（波長の短い）電波を使用しており、リーダ/ライタおよびRF タグに使用されるアンテナは、一般的にプリント基板に印刷配線されたマイクロストリップアンテナが用いられる。

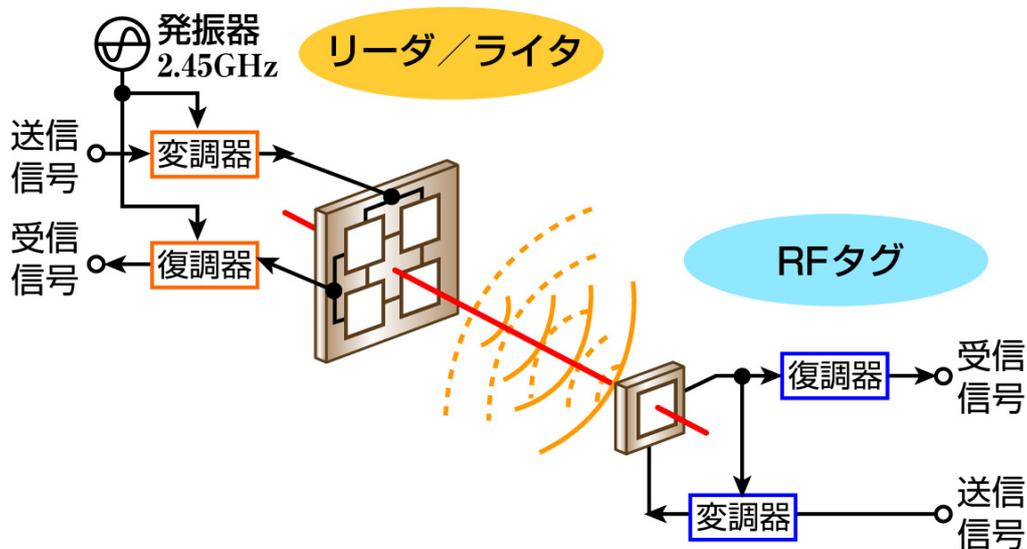


図 3-7 電波方式のデータ伝送

このリーダ/ライタから RF タグへのデータ伝送は、リーダ/ライタから発射する電波を送信データ（読取りや書き込み命令など）で変調し、RF タグに向けて発射することにより行われる。RF タグでは、この電波を受信し復調して読取りや書き込み命令を実行する。

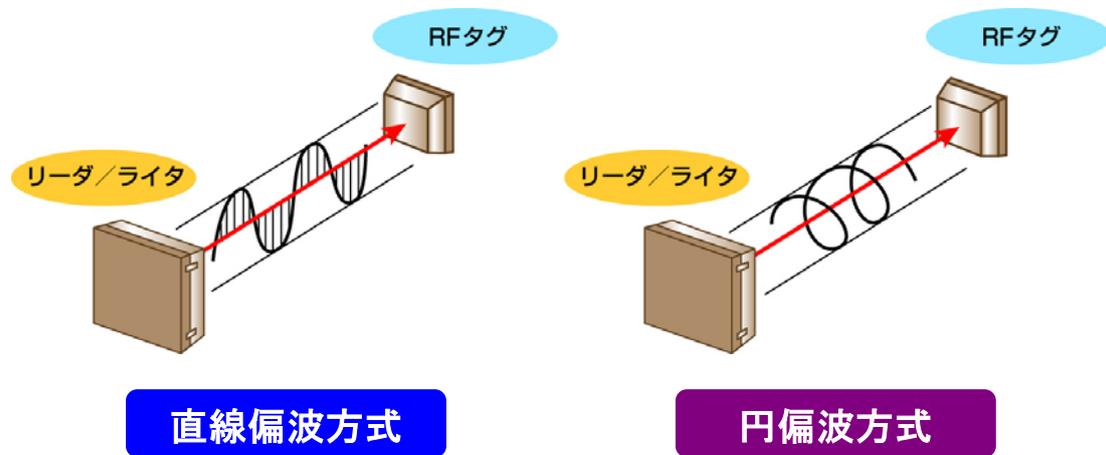


図 3-8 直線/円偏波方式のデータ伝送

一方、RF タグからリーダ/ライタへのデータ伝送は、リーダ/ライタから発射された電波を反射波に利用し、RF タグからの送信データで変調することで行われる。また、電波には、図 3-8 に示すような直線偏波方式と円偏波方式があり、いずれの方式も製品化されている。直線偏波方式では、電波を送受信するときに、リーダ/ライタと RF タグを電波の振動方向に合わせる必要があり、リーダ/ライタと RF タグの回転方向に対して制限が出てくる。一方、円偏波方式は、リーダ/ライタから RF タグに対し、電波の電界の方向が回転しながら電波が伝わる方式であるため、リーダ/ライタと RF タグの取付け上の制約が少ない。

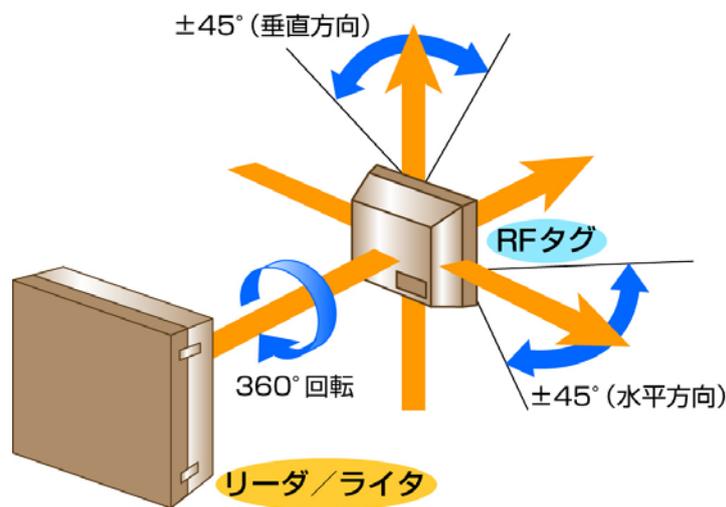


図 3-9 円偏波方式での傾きの影響

(b) 特徴

電波方式は、非常に高い周波数の電波を使用しているため、その電波の特性により以下の特徴を持っている。

- ・ 数 m 離れたところから RF タグとの交信が可能のため、大きいものや位置関係が厳密に規制できないものを対象とした用途に適している。
- ・ リーダ/ライタに指向性をつけることが可能である。

(c) 適用例

電波方式の特徴である交信距離を活かした用途に多く用いられる。例えば、駐車場の出入り管

理では、RF タグを車に取付けることにより、ドライバーは車から降りることなく駐車場への出入りができる。また、FA分野では、比較的大きな製品（自動車など）を扱う組立てラインや加工ラインの制御に利用されている。

(d) 使用にあつたての留意点

電波方式は、使用する電波の特性から金属による電波の反射、水分による電波の吸収などの影響を受ける。

- ・ 周囲の金属の影響により、交信領域が減衰するだけでなく、反射により、あたかも交信領域が拡大したかのような場合があるため、実際の使用環境で確実に交信ができることを事前に確認する必要がある。
- ・ 人体や水分は、電波を吸収し、交信距離を短くする。
- ・ リーダ／ライタは同一周波数を使用しているため、複数のリーダ／ライタを近くに設置すると、相互干渉が発生し、正常な通信の妨げになる。
- ・ 無線LANユニットには、2.45GHz帯を使用しているものがあり、交信の妨害となる場合がある。

4章 電波法と標準化

4-1 RFID 関連法規概要

RFID というと、まず頭に浮かぶのは「電波法」であるが、電波の安全性に関わる「電波法施工規則」、不要な電波輻射を規制する「EMC 規格」、火災・感電の防止に関わる「安全規格」も重要である。ここではこれらの規定類について、日本、米国、欧州それぞれについて説明する。

4-2 電波法

(a) 世界の電波事情

電波的に見ると、世界は三つの地域に分けられている。これはITU-R (International Telecommunication Union - Radio communication)において決まっているもので、それぞれの地域によって電波に関する規定/基準が違っている。又、それぞれの地域の中においても、各国がそれぞれの国の事情に合わせて電波法を制定している為、世界的に見て全く同じ国は無いと言える。

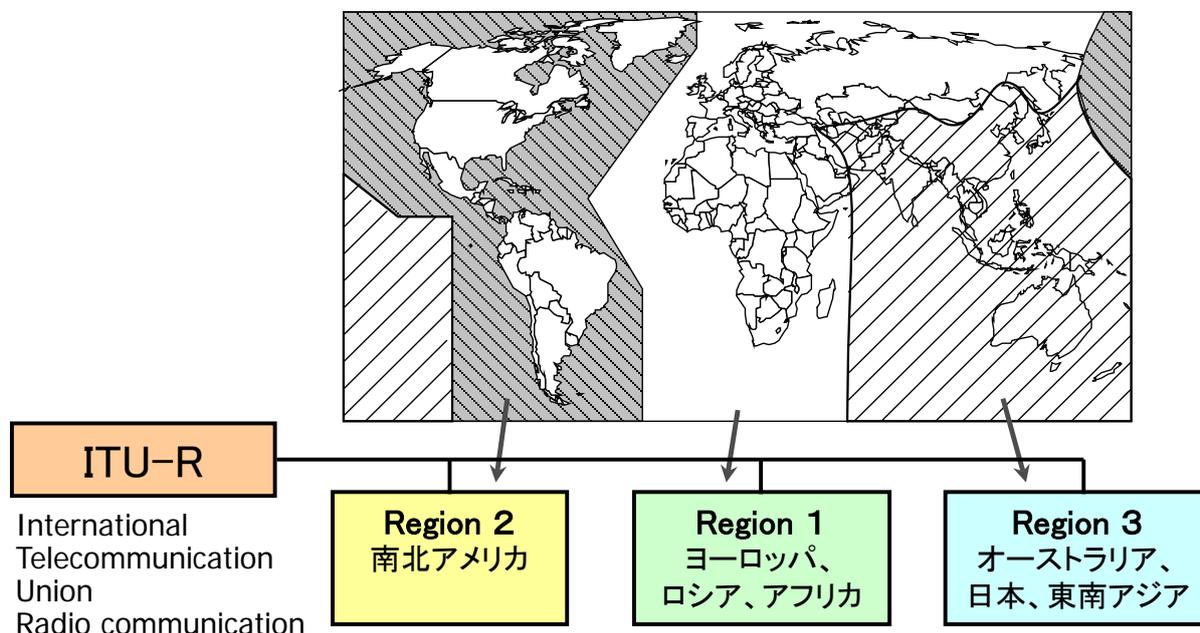


図4-1 世界の電波事情

また、国際的には、複数のISM周波数というものが規定されており、工業 (Industry)、科学 (Science)、医学 (Medical) 分野で自由に使用してよいことになっている。

しかし、ある周波数をISM周波数に規定するかどうかは、それぞれの地域の事情に合わせてITU-Rが決めている為、各国が勝手に決めることはできない。例えば、900MHz帯 (ISO/IEC 18000-6) は、アメリカ (第2地域) ではISM周波数に指定されている為、そこでのRFIDの使用は国内法の

整備により比較的楽に行うことができる。しかし、ヨーロッパ（第1地域）や日本（第3地域）では、ISM周波数として指定されていない為に既に、別の用途に割り振られており、新たにRFID用に周波数を割り振ることは相当の努力と期間を必要とする。このため国際標準化の場では、それぞれの国や地域の状況を背景に、周波数に関するせめぎ合いが行われることになる。なお、電波法/規定類としては、日本の場合は総務省が制定する電波法と民間規格として電波産業会(ARIB)が制定する規格がある。また、米国の場合は連邦通信委員会(FCC)が制定する規格(FCC Part 15)があり、欧州の場合は、R&TTE指令やERC/REC 70-03があり、これを基に各国がそれぞれの電波法を制定している。

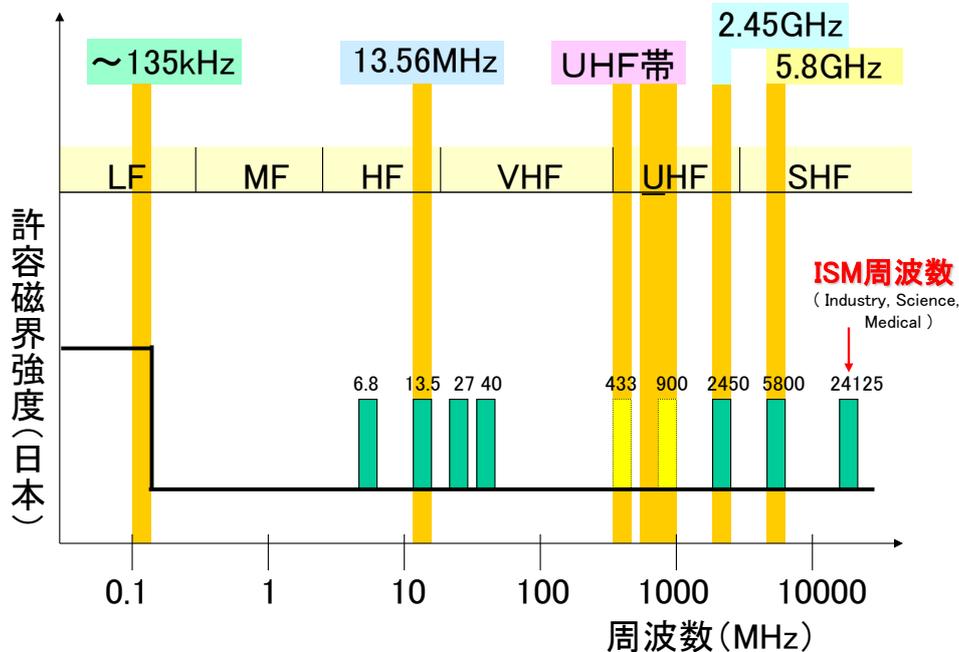


図 4-2 ISM周波数

(b) 物の管理用RFID

物の管理用RFIDとしてISO/IEC JTC1 SC31 WG4で審議されているエアインタフェース（ISO/IEC 18000シリーズ）で対象となっている周波数について、日欧米での使用可否をまとめた。

ISO/IEC 18000 : 物の管理用RFタグ						
方式	電磁誘導方式 交流磁界 [リーダ] [タグ] (交流磁界の鎖交により電圧誘起)			電波方式 電磁波 [リーダ] [タグ] (一般無線機器と同じく、電磁波の伝播)		
	Part	2	3	4	5	6
周波数	~135 kHz	13.56 MHz	2.45 GHz	5.8 GHz	860-960 MHz	433 MHz
日本での使用可否	○	○	○	—	× → ○	△

当初、日本は950-956MHzを割り当て
⇒ 860-930MHzを860-960MHzに変更提案⇒承認

図 4-3 物の管理用RFIDで使用する周波数と電波法

周波数のうち、135kHz 以下、13.56MHz、2.45GHz については全世界で使用できるが、433MHz と 860-930MHz については国によって法律が違う為、使えない国がある。

(c) 135kHz 以下

日本でも実績があり、世界的に使用できる周波数である。

表 4-1 135kHz 以下の規格

国/地域	規格	参照ドキュメント
米国	電界強度 2400 $\mu\text{V}/\text{m} / \text{F}(\text{kHz})$ at 300m	FCC 15.209
欧州	磁界強度 66dB $\mu\text{A}/\text{m}(135\text{kHz})$ at 10m	EN 300 330-1
日本	電界強度 15 $\mu\text{V}/\text{m}$ 以下 at $\lambda/2\pi$ の距離	電波法 (高周波利用設備、誘導式無線電話)

- ・低い周波数領域では、誘導式無線設備の基準値が微弱無線局レベルを上回る
- ・13.56MHz付近では、微弱無線局のレベルのほうが高い

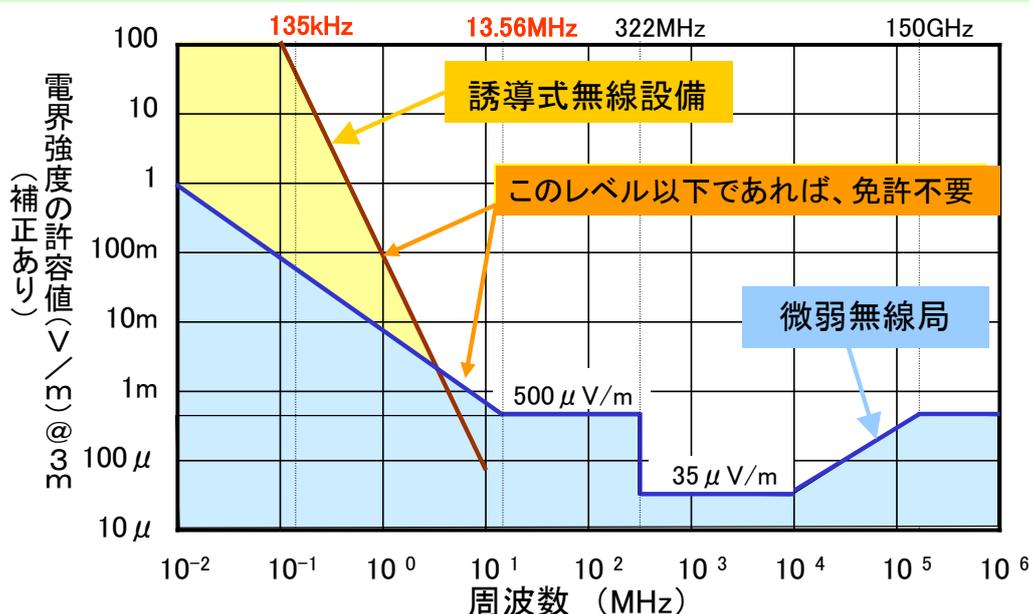


図 4-4 電界強度の許容値 (日本)

(d) 13,56MHz

非接触 IC カード (ISO/IEC 14443, 15693) で使用されている周波数であり、ほとんどの国で使用できる。日本では、2002 年 9 月に電波法が改正され、図に示すように欧州と同等の規制になった。

表 4-2 13,56MHz の規格

国/地域	規格 13.56MHz±						参照ドキュメント
	7kHz	7kHz 以外	150kHz	150kHz 以外	450kHz	450kHz 以外	
米国	15848V/m @30m		334 $\mu\text{V}/\text{m}$ @30m		106 $\mu\text{V}/\text{m}$ @30m	30 $\mu\text{V}/\text{m}$ @30m	FCC 15.225
欧州	60dB $\mu\text{A}/\text{m}$ @10m		9dB $\mu\text{A}/\text{m}$ @10m	-3.5dB $\mu\text{A}/\text{m}$ @10m			ETSI EN300-300
日本	47544V/m @10m		1061 $\mu\text{V}/\text{m}$ @10m		316 $\mu\text{V}/\text{m}$ @10m	150 $\mu\text{V}/\text{m}$ @10m	電波法 ARIB STD-T82

[送信出力および帯域外輻射制限]

電界強度 ($\mu\text{V}/\text{m}$)

[磁界強度 ($\text{dB } \mu\text{A}/\text{m}$)]

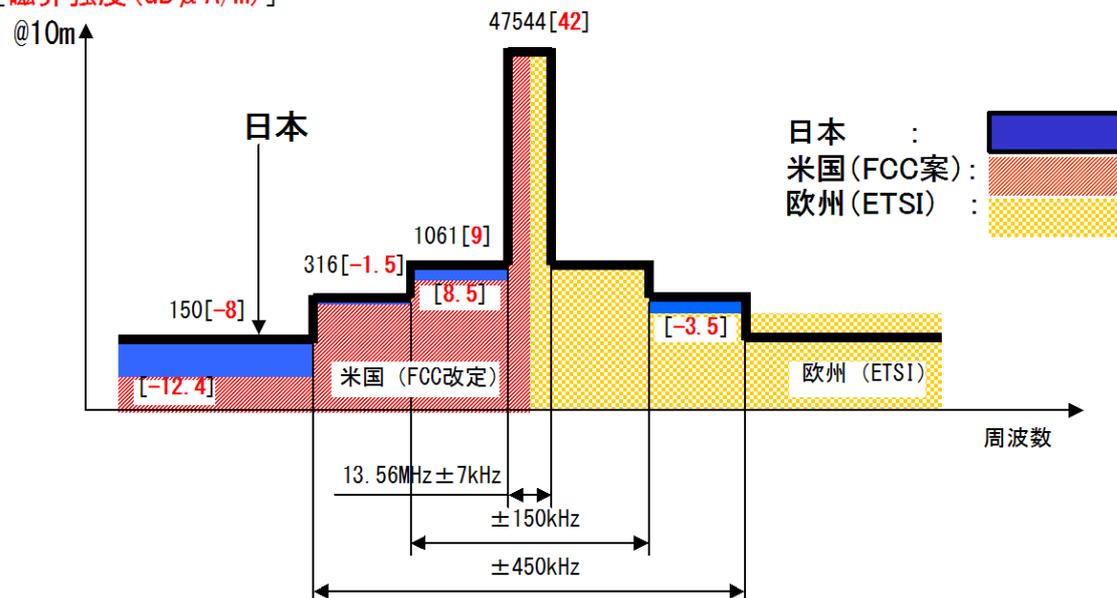


図 4-5 日欧米の送信出力と帯域外放射制限

(e) 433MHz

日本では、430-433MHz はアマチュア無線に割り当てられており RFID としてはコンテナ用途限定となっている。

表 4-4 433MHz の規格

国/地域	規格	参照ドキュメント
米国	電界強度 4400mV/m@3m: 周期的動作(例: 発振 1 秒、停止 30 秒)	FCC 15.231
欧州	10mWerp at 433.05-434.79MHz	ERC/REC 70-03 Annex 1
日本	1mW 以下 430-433MHz はアマチュア無線用に割り当て	電波法

(f) 860~960MHz

日本では、この周波数帯は携帯電話に割り当てられているが、RFID 用途として 952~954 MHz (高出力) が高出力用に割り当てられた。また低出力用に 952~955 MHz (低出力) が割り当てられた。

表 4-5 860~960MHz の規格

国/地域	規格			参照ドキュメント	
米国	902 -928 MHz	FHSS	50 hopping system 以上	4Weirp	FCC 15.247
			50 hopping system 未満	0.25W	
		FHSS 以外	Fundamental	50mV/m @3m	FCC 15.249
			Harmonics	500 $\mu\text{V}/\text{m}$ @3m	
欧州	865.6-867.6MHz	出力 2Werp	ERC/REC70-03 Annex 11		
日本	952-954MHz	出力 4Weirp	電波法		

(g) 2, 45GHz

日本でも実績がある周波数であり、ほとんどの国で使用できる。但し、日本ではこの周波数は無線 LAN や Bluetooth 等も使用しているため、電波干渉に注意する必要がある。

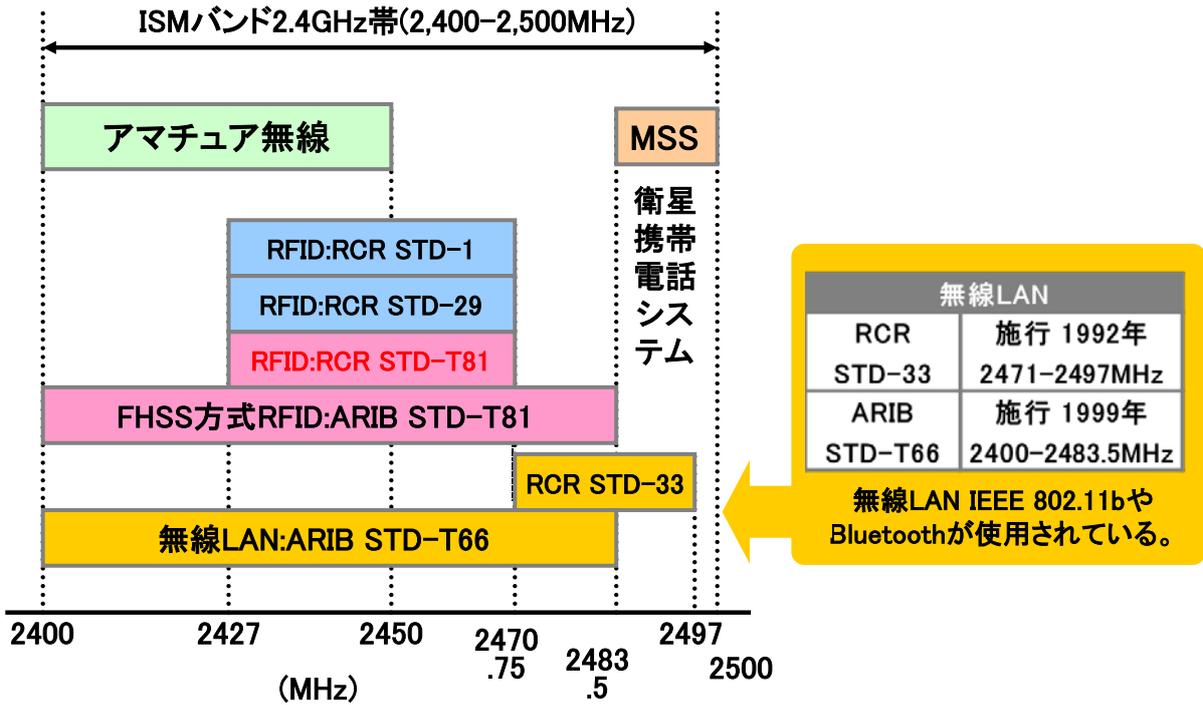


図 4-5 日本の 2,45GHz 帯の使用状況

表 4-6 2,45GHz の規格

国/地域	規格			参照ドキュメント	
米国	2400-2483.5 MHz	FHSS	75 hopping system 以上	1W	FCC 15.247
			その他	0.125W	
欧州	2446-2454 MHz	FHSS or CW のみ	Fundamental	50mV/m@3m	EN 300 440 ERC/REC 70-03 Annex 11
			Harmonics	500 μ V/m@3m	
日本	2427-2470.75 MHz	構内無線局	狭帯域通信	300mW	電波法 RCR STD-1 R3.0
			FHSS		
	特定小電力	狭帯域通信	10mW	電波法 RCR STD-29 R3.2	
	2400-2483.5 MHz	特定小電力	FHSS	10mW/MHz 以下 2427-2470.75MHz では 3mW/MHz 以下	電波法 ARIB STD-T81 R1.1

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum (周波数ホッピング方式)

(注) 室内で 4W eirp を出す場合は、以下の 2 通りのパワーレベルが必要。初期設定パワーは、500mW eirp 以下。4W のパワーを出す場合は屋内の固定場所に限定され、移動した場合や屋外に持ち出した場合は、自動的に 500mW にパワーが落ちるように、セキュアなソフトウェアコードで管理される仕組みが必要。

4-3 電波の人体に対する影響

日本では、電波法施行規則第二十一条の三において「電波の強度に関する安全施設」(1999年10月1日施行)を定めている。また、ARIBは電波防護標準規格(RCR STD-38 2.0版)を定めている。これらは携帯電話の基地局等が主な対象だが、RFIDも対象となる。ワイヤレスカードシス

テム (13.56MHz RFID) の場合は、[13.56MHz の規制値磁界強度 0.16 A/m] と [ISO/IEC 15693-2 (近傍型 ICカード) の最小動作磁界強度 0.15 A/m] はほぼ等しく、人体は不均一にばく露されることから空間的な平均値 (自乗平均値の平方根) を求めることで、規制値を下回っている。

欧州では EN 50357、EN 50364 (2001 年 10 月発行) で RFID と万引き防止装置 (Electronic Article Surveillance、EAS) に関する人体防護の評価方法と制限値を規定している。米国では、IEEE STD C95.1 で規定している。

4-4 EMC (電磁両立性)

電波を出すつもりでない電子機器から出るノイズなどは通信、他の機器またはその機器自身などに影響を及ぼすことがある。これらの電波=電磁波の相互作用の問題を解決するためには、まずノイズを出す (EMI) 側の正体を知り、エミッションを低くすることが必要である。さらにノイズの影響を受ける側の耐ノイズ性 (EMC) を知り、イミュニティを高くすることも大切である。EMI (Electro-Magnetic Interference; 電磁障害) としては、RFID 機器から出る不要輻射、雑音端子電圧などが相当する。EMC (Electro-Magnetic Susceptibility; 電磁耐性) としては、RFID に入り込む電磁界、伝導、静電気、バースト、サージなどが相当する。日本には EMC に関する法律は無いが、民間規格として EMI には VCCI (情報処理装置等電波障害自主規制協議会) が、EMS には JIS C 1000 等が制定されている。また、欧州では EMC 指令 (EMI & EMS、EN 301 489) が、米国では FCC Part 15 (15.207, 209) が制定されている。

4-5 機器の安全性

日本では電気用品安全法で、欧州では低電圧指令 (例: EN 60950) で、また米国では UL 規格 (例: UL60950) で機器の安全規格が決められている。

4-6 エアインタフェース規格

(a) ISO/IEC18000-2

135kHz 以下はパート 2 で規定されており、ドイツから提案されたタイプ A/B 仕様が規格化されており、日本提案の衝突防止方式がオプションとして Annex に設定されている。リーダ/ライタは、タイプ A と B の RFID 両方と通信することが必須である。無電池を前提としている為、通信エリアは数 10cm 程度であり、小物が対象である。

		タイプ A	タイプ B
電源		電池なし	
R/Wからの発信	搬送周波数	125kHz	134.2kHz
	AM変調度	ASK100%	
	通信速度	3.7 - 5.7kbps	0.5 - 4.0kbps
	符号化方式	PIE (Pulse Interval Encoding)	
タグからの返信	通信方式	負荷変調方式	容量再放電方式
	副搬送波	無し	134.2 / 124.2kHz
	通信速度	4kbps	9kbps
	変調方式	ASK	FSK
	符号化方式	マンチェスタ	NRZ
衝突防止方式		タイムスロット	

(注)リーダは、タイプA/B、両方のタグと通信することが必須。

図 4-6 ISO/IEC18000-2

(b) ISO/IEC18000-3

13.56MHz はパート 3 で規定されており、SCM に関係する材料/部品や商品/貨物/航空手荷物/パレット/コンテナ等を対象としている。無電池を前提としているため、通信距離は、カードサイズで 70cm 程度であり小物が対象である。

二つのモードが登録されており、モード1は、ICカードの規格であるISO/IEC 15693の内容にTagsys社の衝突防止方式をオプションで追加したもの、モード2はMagellan社の方式である。モード1とモード2の互換性はない。モード2は通信速度が424kbpsと早く、高速仕分け等の高速度を要求される分野に有効である。なお、日本における13.56MHzのRFIDの技術条件は、2002年9月19日の電波法の改正によりETSI（ヨーロッパ）と同等の規制値に緩和され、10月にARIB STD-T82が発行された。

		モード 1 (ISO/IEC15693-2)	モード 2
電源		電池なし	
R/W からの 発信	搬送周波数	13.56MHz ± 7kHz	
	AM変調度	ASK100%と10%	PJM (Phase Jitter Modulation)
	通信速度	26.48kbps 1.65kbps	424kbps
	符号化方式	PPM (Pulse Position Method)	DFMFM (Double Frequency Modified Frequency Modulation)
タグ からの 返信	通信方式	負荷変調方式	
	副搬送波	423.75kHz or 423.75kHz & 484.28kHz	8ch : 969, 1233, 1507, 1808, 2086, 2465, 2712, 3013 kHz
	通信速度	26.48/6.62kbps or 26.69/6.67kbps	106kbps × 8 (実質848kbps)
	変調方式	ASK & FSK	BPSK
	符号化方式	マンチェスタ	MFPM
衝突防止方式		タイムスロット	FTDMA (Frequency and Time Division Multiple Access)
オプション(Tagsys社)		field strength	

★モード1とモード2は、互換性なし

		ASK100%タイプ	ASK10%タイプ
R/W からの 発信	中心搬送周波数	13.56MHz ± 7kHz	
	AM変調度	100% (A)	10% (B)
	副搬送波	無し	
	変調方式	ASK	
	符号化方式	パルスポジション変調	
	通信速度	1.65kbps (fc/8192)	26.48kbps (fc/512)
タグ からの 返信	通信方式	負荷変調方式	
	通信開始条件	リーダからの個別呼出信号を確認後、通信を開始(RTF)	
	変調/符号化方式	副搬送波のFSK/ マンチェスター	副搬送波のASK/ マンチェスター
	副搬送波	423.75kHz (fc/32) 484.28kHz (fc/28)	423.75kHz (fc/32)
	通信速度	A : 6.67kbps (fc/2032) B : 26.69kbps (fc/508)	A : 6.62kbps (fc/2048) B : 26.48kbps (fc/512)

- ・タグは全ての仕様で、A/Bを同時搭載する。
- ・リーダは全ての仕様で、A/Bのいずれかを選択する。

図 4-8 ISO/IEC15693-2

(c) ISO/IEC18000-4

2.45GHz はパート 4 で規定されており、二つのモードが規定されているが、モード 1 とモード 2 は互換性はない。モード 1 は Intermec 社から提案された方式であり、FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) 方式を採用している。無電池を前提としている為、通信距離は数 10cm ~ 1 m 程度であり、小物が対象である。

一方モード 2 は Siemens 社/Nedap 社から提案された仕様であり、FHSS を採用している点はモード 1 と同じであるが、電池付きを前提としている為、通信距離は数 m ~ 10m 程度であり、大物が対象である。

なお、FHSS 方式はこれまで日本の電波法では認められていなかったが、2002 年 3 月に省令が改正され、4 月に ARIB STD-T81 (特定小電力) が発行された。また、2003 年 3 月には構内無線局での FHSS 方式が承認され、6 月に RCR STD-1 の改定が行われた。

		モード 1	モード 2
電源		電池なし	電池付き
R/W からの 発信	搬送周波数	2400-2483.5MHz	
	方式	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)	
	通信速度	30 - 40kbps	384kbps
	変調方式	ASK	Differential GMSK
	符号化方式	マンチェスター	Fire Code
	占有帯域幅	0.5MHz	0.77MHz
タグから の返信	副搬送波	無し	153.6kHz
	通信速度	30 - 40kbps	384kbps
	変調方式	ASK	Differential BPSK
	符号化方式	FM0	マンチェスター
	占有帯域幅	0.5MHz	1MHz
衝突防止方式		Binary Tree	ランダム応答

★モード1とモード2は、互換性なし

図 4-9 ISO/IEC18000-4

(d) ISO/IEC18000-6

860-960MHz は、パート 6 で規定されており、Intermec 社/Philips 社/TI 社/Bistar 社/Tagsys 社の共同提案がベースになっている。なお、860-960MHz 帯は、ITU-R で規定されている第 3 地域 (アジア/オセアニア地域) においては ISM バンドに指定されていないことから、日本では主に携帯電話用に割り振られている。日本では 2006 年に 952-955 MHz が割り当てられ使用できるようになった。他のアジア各国も順次周波数の割り当てを行っている。

		タイプ A	タイプ B	タイプ C
電源		電池なし/電池付き (両方をサポート)		電池なし
R/W からの 発信	搬送周波数	860M-960MHz		
	出力	各国の電波法に従う(日本は4WEIRP)		
	スプリアス	各国の電波法に従う		
	方式	Narrowband / FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)		
	通信速度	33kbps	10 or 40kbps	26.7kbps ~ 128kbps
	変調方式	ASK 30% ~ 100%	ASK 18% or 100%	ASK 80-100%
	符号化方式	PIE (Pulse Interval Encoding)	マンチェスター	PIE
タグ からの 返信	通信速度	40 or 160kbps		40kbps ~ 640kbps
	変調方式	ASK		ASK and/or PSK
	符号化方式	FM0		FM0、又は Miller Subcarrier
衝突防止方式		Aloha 方式	Binary Tree 方式	Slotted Random 方式 (16ビットの乱数使用)

★リーダライタは、タイプA/B/C のいずれかのタグと通信すればよい。

図 4-10 ISO/IEC18000-6

(d) ISO/IEC18000-7

433MHz は、パート 7 として規定された。パート 7 は SAVI 社の提案をベースになっている。なお、433MHz 帯も ITU-R で規定されている第 3 地域 (アジア/オセアニア地域) においては ISM バンドに指定されていないことから、日本では、主にアマチュア無線用に割り振られており、現在コンテナ用途の RFID に限定して使用が許可されている。

		仕様
R/Wから の発信	電源	電池付き
	搬送周波数	433.92MHz±500KHz
	方式	Narrowband
	通信速度	27.7kbps
	変調方式	FSK
	符号化方式	マンチェスター
タグから の返信	搬送周波数	433.92MHz±200KHz
	通信速度	27.7kbps
	変調方式	FSK
	符号化方式	マンチェスタ
衝突防止方式		タイムスロット

図 4-11 ISO/IEC18000-7

参考

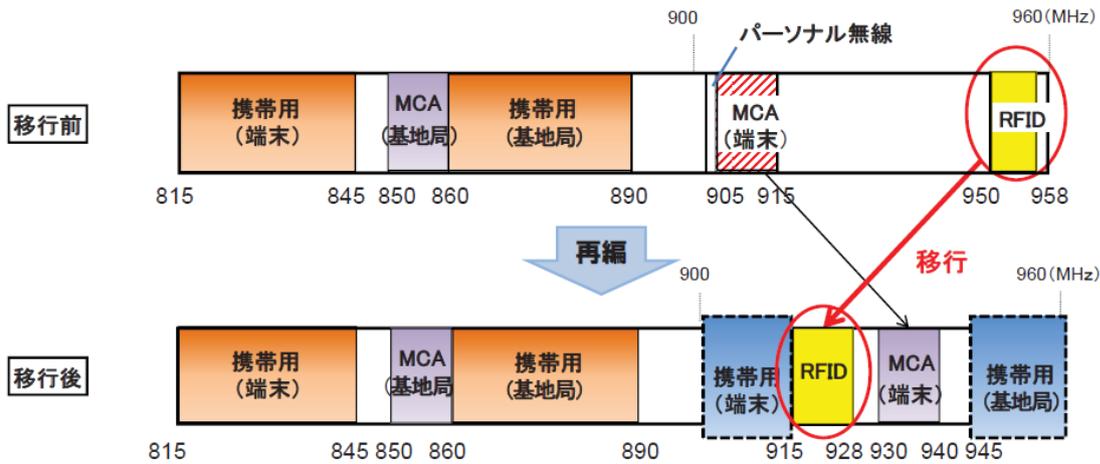
950MHz帯 RFID の周波数移行

920MHz帯 RFID システムの技術的条件は 2010 年 12 月に 920MHz 構内無線局、特定小電力無線局として制度化された。登録局または免許局で送信時間制限およびキャリアセンス (LBT: Listen Before Talk) を用いるリーダ/ライタにおいては、単位チャンネルは中心周波数が 916.8MHz、918MHz、919.2MHz と 920.4MHz ~ 920.8MHz の帯域であって、帯域幅が 200kHz のチャンネルを 1 または 3 で同時に使用するものとして構成されるものとする。

免許局で送信時間制限をしない、またはキャリアセンスをしないリーダ/ライタは、単位チャンネルのうち 916.8MHz、918MHz、919.2MHz または 920.4MHz のいずれかを使用するものとして構成されるものとする。ここで、登録局とは無線局の登録手続きにより、無線局の開設・利用ができる無線局のことをいい、他の無線局に混信を与えない混信回避機能 (キャリアセンス、送信時間制限など) を持つことを必須としている。免許局とは総務大臣の免許を受けて開設する無線局のことをいい、混信回避機能を持つことを必須としない。

		規格	
無線局		構内無線局	特定小電力無線局 (免許不要)
周波数		916.7-920.9 MHz (± 20ppm 以下)	916.7-923.5 MHz (± 20ppm 以下)
空中線電力		1W 以下 (許容偏差: -80% ~ +20%)	250mW 以下 (許容偏差: -80% ~ +20%)
空中線利得		6dBi 以下 (但し、等価等方輻射電力 (eirp) が、空中線利得に空中線電力を加えた値 (4W eirp) 以下の場合は、低下分を空中線利得で補うことができる)	3dBi 以下 (但し、等価等方輻射電力 (eirp) が、空中線利得に空中線電力を加えた値 (500mW eirp) 以下の場合は、低下分を空中線利得で補うことができる)
伝送方式および変調方式		狭帯域通信	狭帯域通信
占有周波数帯幅許容値		200kHz	200kHz
チャンネル設定		免許局 4ch (916.8、918、919.2、920.4、) 登録局 6ch (免許局 + 920.6、920.8MHz) 登録局は、単位無線チャンネルを 1、2、 又は 3 同時使用も可能	19ch (916.8、918、919.2、920.4、920 - 923.4MHz の 200kHz 間隔) 単位無線チャンネルを 1、2、3、4 又は 5 同 時使用も可能
キャリア センス	レベル	-74dBm / (200kHz × n) ※ 1	250mW 以下: 10mW 以下: -64dBm / 200kHz
	時間	5ms 以上 ※ 1	① 4s 以下 ② 400ms (総和 360s/h 以下)
	時間 (ARIB で の規定)	5+(R × 0.5)ms 以上 ※ 1 (R: 0 ~ 10 のランダム整数)	5+(R × 0.5)ms 以上 (R: 0 ~ 10 のランダム整数)
送信時間	送信時間	4s 以下 ※ 1	① 4s 以下 ② 400ms (総和 360s/h 以下)
	停止時間	50ms 以上 ※ 1	② 50ms 以上 ② 2ms 以上 (送信時間 6ms 以 下の場合は 0 秒)
参照ドキュメント		電波法、ARIB STD-T106、TELEC-T240	電波法、ARIB STD-T107、TELEC-T242

900MHz帯周波数移行のイメージ



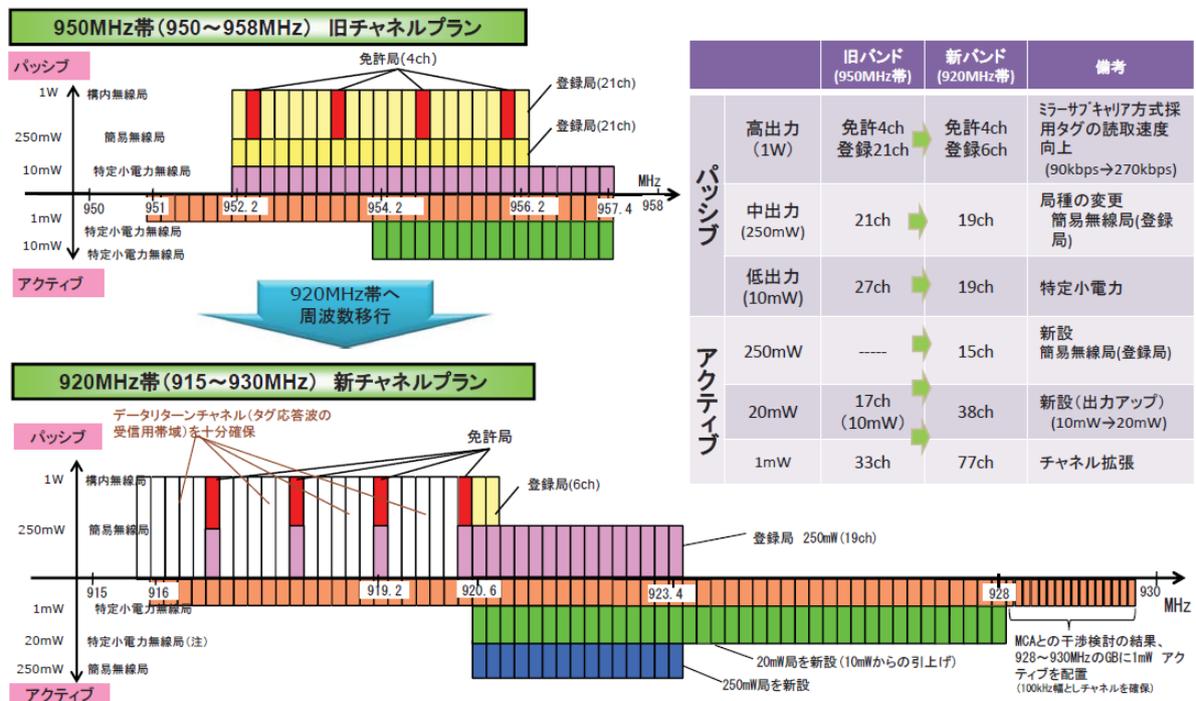
■移行対象のシステムの概要

システム名	システムの概要	主な利用者 (免許人数)※1	移行対象となる 無線局数 ※1
MCA	同報(一斉指令)機能やグループ通信機能等を有する自営系移動通信システム。陸上運輸、防災行政、タクシー等の分野で使用。	運送事業者、地方公共団体等 (13,407)	264,085
RFID	個体識別情報を近距離の無線通信によってやりとりするシステム(電子タグ)。物流等に用いられる。	物流関係事業者等 (605)	15,708 ※2

※1 免許人数及び移行対象となる無線局数は、平成22年度電波の利用状況調査結果(H22.3.1現在)によるもの。

※2 免許不要局を含む。

920MHz帯 RFID チャンネルプラン



920MHz帯 RFID仕様

	パッシブタグシステム		アクティブ系小電力無線システム			
	1W以下	250mW以下	250mW以下	20mW以下※1		1mW以下※1
空中線利得	6dBi以下		3dBi以下			
周波数帯	916.7~920.9MHz	916.7~923.5MHz	920.5~923.5MHz	920.5~923.5MHz	923.5~928.1MHz	915.9~929.7MHz
チャンネル数等	免許局：916.8、918、919.2、920.4MHz 計4チャンネル 登録局：免許局+920.6、920.8MHz 計6チャンネル	916.8、918、919.2、920.4~923.4MHzの200kHz間隔 計19チャンネル	920.6~923.4MHzの200kHz間隔 計15チャンネル	920.6~928MHzの200kHz間隔 計38チャンネル		①916~928MHzの200kHz間隔 計61チャンネル ②928.15~929.65MHzの100kHz間隔 計16チャンネル
無線チャンネル	免許局：200kHz 登録局：200kHz×n (n=1~3)	200kHz×n (n=1~5)				①200kHz×n (n=1~5) ②100kHz×n (n=1~5)
キャリアセンス時間	5ms以上※2	①5ms以上 ②128μs以上			128μs以上	キャリアセンス不要
キャリアセンスレベル	-74dBm※2	-74dBm (10mW以下の場合 は-64dBm)	-80dBm			----
最大送信時間	4秒※2	①4秒 ②400ms (総和360s/h以下)			400ms (総和360s/h以下)	①100ms (総和3.6s/h以下) ②50ms
送信時間後の停止時間	50ms以上※2	①50ms以上 ②2ms以上 (送信時間6ms以下の場合 は0秒)			2ms以上 (送信時間6ms以下の場合 は0秒)	①100ms (総和3.6s/h以下) ②50ms

※1 20mW以下のものは927.1MHz~928.1MHz、1mW以下のものは926.1MHz~929.7MHzの周波数を先行して使用可能とすることを検討。
 ※2 免許局については、キャリアセンス、最大送信時間及び送信時間後の停止時間は適用されない。

-
- 引用文献：「RFID システム導入に失敗しないための知識」 柴田 彰著 日本工業出版
引用文献：「RFID 入門テキスト」 大塚 裕著 日本工業出版
引用文献：「UHF 帯 RFID 移行作業への手引き」 坂下仁著 日本工業出版
引用文献：「よくわかる RFID」 (一社) 日本自動認識システム協会編 オーム社
引用文献：「これでわかった RFID」 (一社) 日本自動認識システム協会編 オーム社
引用文献：「自動認識システムの基礎知識」 (一社) 日本自動認識システム協会編 オーム社
参考文献：「IC タグがよくわかる」 石井宏一著 オーエス出版
参考文献：「IC タグのすべて」 井上能行著 日本実業出版社
参考文献：「絵とき無線 IC タグ」 吉岡稔弘著 オーム社
参考文献：「ユビキタス無線工学と微細 RFID」 根日屋英之共著 東京電機大学出版局
参考文献：「実践 RFID 活用戦略」 三宅信一郎編著 工業調査会
参考文献：「電波・テレコム用語辞典」 電気通信振興会
参考文献：「RFID ハンドブック」 ソフト工学研究所訳 日刊工業新聞社
参考文献：「RF タグの開発と応用」 寺浦信之監修 シーエムシー出版
参考文献：「RF タグの開発と応用Ⅱ」 (社) 日本自動認識システム協会編 シーエムシー出版
参考文献：「RF タグの開発技術Ⅱ」 寺浦信之監修 シーエムシー出版
参考規格：JIS X6351-1 物品管理用 RFID 参照アーキテクチャ及びパラメタの定義
参考規格：JIS X6351-2 物品管理用 RFID 135KHz 未満のエアーインタフェース通信パラメタ
参考規格：JIS X6351-1 物品管理用 RFID 13.56MHz のエアーインタフェース通信パラメタ
参考規格：JIS X6351-1 物品管理用 RFID 2.45GHz のエアーインタフェース通信パラメタ