

RFID ユーザのための
『RFID 活用ガイドライン』

~製造業編~

<第1版>

2021年2月



(一社) 日本自動認識システム協会

RFID 部会

アプリケーション技術グループ

RFID 活用ガイドライン作成 WG

はじめに

近年、アパレル産業を始めとする流通関連での RFID 導入が加速しつつある。また、コンビニやドラッグストアでの RFID 採用を実現するための実証実験も行われている。

しかし、最も RFID を活用している産業は自動車業界に代表される製造業であり、1987 年から工場における生産工程、検査工程、部品管理工程、および設備管理等の様々なシーンで MF 帯（中波帯）、HF 帯（短波帯）、LF 帯（長波帯）、およびマイクロ波帯の RFID を使用してきた。

製造業で RFID を採用した背景は、生産の効率化、生産の安定化、変種変量生産への対応、品質の向上、部品や在庫管理精度の向上、あるいはトレーサビリティの実現といった企業に利益をもたらすための使い方が目的であり、RFID の使い方は RF タグに各生産工程で必要な様々な情報を格納するといった、いわゆるデータキャリアとしての使い方が主流だった。

しかし、この数年は工場の生産工程に加えて、部品や製品の入出荷処理の迅速化や確実化、あるいは在庫管理の効率化等のサプライチェーン関連アプリケーションで ID 管理を主流とした UHF 帯の RFID 導入が進んでいる。

さて、RFID を導入する際には「何故、RFID を使うのか」といったきちんとした目的をもっていることが重要であり、その目的をもたらす背景には現場の課題認識をしておかなければならない。現場でどのような問題が発生しており、どれくらいのロスコストにつながっているかを把握し、その問題を解決するためのツールとして RFID が最適であるかを見極めることが重要である。その上で、RFID を使ったシステムをどのように構築すれば実現したい目的が達成されるのかを検討する必要がある。また、RFID を導入し、稼働した後も色々な問題が生じることがあるため、稼働後の課題対策も事前に想定しておくことも必要である。

また、近年増加している製品や部品の入在庫管理や在庫管理等のアプリケーションでは前述の通り、UHF 帯の RFID システムを採用することが多くなってきた。UHF 帯の RFID は RF タグへの格納情報はあまり多くないが、RF タグの価格が安く、長距離交信が可能で、かつ複数存在する製品や部品の情報を一括で読み取ることができるため、このようなアプリケーションでは大きな武器となる。

しかし、UHF 帯の RFID は長距離交信が可能な反面、電波が飛びすぎて電波干渉を起こしたり、アンテナから遠く離れた場所にある RF タグのデータを読んだり、というような予想外のことが起こることも多い。また、複数一括読み取りの際にはアンテナの電波の死角となる RF タグのデータが読めなかったり、読取り対象が金属体の場合には全く読み取りができなかったり、という問題が発生することがある。このような問題を起こさないために、アンテナの装着位置を工夫する、アンテナの角度を調整する、あるいはアンテナが発する電波のタイミングをずらす等の対策が必要となる。そして、一旦、システムが稼働した後このような対策を実施するのは非常に難しいため、RFID システムを導入するには必ず、事前のテストを実施しておく必要がある。また、RFID システムを使用する際にその種類によっては電波法によって定められた無線局の登録や開局申請等をユーザが行わなければならないということも認識しておかなければならない。

一方、ユーザという観点からみると、各企業が属する業界において、RFID を使用する際の各種標準化がなされているものがある。各企業の工場内で独自に RFID を運用する際には、RFID の機器の選定や RF タグへのデータ格納事項、格納方法などに特に制約はないが、業界、あるいは企業間をまたがる物流等のサプラ

イチェーンにおいては、RFIDの種類やRFタグへのデータ格納方式や格納方法等が標準化されていることが多い。例えば、国際的なRFIDを活用したサプライチェーンの世界では、ISO/IEC 1736xシリーズが制定されており、この規格は国内では、JIS Z 066xシリーズとして発行されている。この規格では、製品や部品、包装梱包、パレット、輸送単位等の階層別にどのようなRFIDを選定し、RFタグにはどのようなフォーマットでデータを格納すればよいか、等の規定がなされている。

特に自動車業界や自動車部品業界では、この規格に基づいて、JAIF（Joint Automotive Industry Forum）において独自の標準化を行っており、自動車産業に関連する企業はこの規格の存在をしっかりと認識し、内容についても理解しておく必要がある。なお、自動車関連業界以外では、GS1の標準、いわゆるEPCに基づいてRFIDを運用することが主流になっている。

また、近年、話題のIoTはRFIDに元々起源があり、最もシンプルなRFIDを理解できればIoTは理解しやすい。そして、DX（デジタルトランスフォーメーション）についても、基本的には現物や現場の可視化から始まるものであり、RFIDもその実現のための一翼を担っている。

さて、ここまでRFIDについて色々と述べてきたが、本ガイドラインでは、製造業におけるユーザがRFIDを導入する際にどのような点に注意しなければならないか、自分たちが属している業界ではどのような標準化が進んでいるのか、どんな種類のRFIDを選定すればよいのか、システム設計時の留意点、および運用時や運用後にどのようなことを検討しておかなければならないのか、等々について分かりやすく説明してみた。

最後に、本ガイドラインを活用されたユーザの方々が「RFIDを使って本当に良かった。」と喜んで頂けたら幸いである。

RFID 部会 アプリケーション技術グループ

RFID 活用ガイドライン作成 WG リーダ 大塚 裕

RFID 部会 アプリケーション技術グループ RFID 活用ガイドライン作成 WG 名簿

氏名	原案作成 SWG	所 属 ・ 役 職
リーダー	○	エクサコンサルティング 代表
サブリーダー	○	株式会社リコー
委員	○	東洋製罐グループホールディングス株式会社
委員	○	大日本印刷株式会社
委員	○	ダイオーエンジニアリング株式会社
委員		オカバマーケティングシステム株式会社
委員		小林クリエイト株式会社
委員		サトーホールディングス株式会社
委員		帝人株式会社
委員		株式会社デンソーウェーブ
委員		株式会社デンソーエスアイ
委員		トッパン・フォームズ株式会社
委員		株式会社宮川製作所
事務局	○	一般社団法人日本自動認識システム協会

(2021年2月現在)

目次

第1章 RFIDの導入と活用に向けたプロセス	7
1.1 RFID導入までの基本的なプロセスフロー	7
1.2 現状業務の調査と課題抽出	8
1.3 抽出課題の数値化	9
1.4 改善内容と効果の検討	9
1.5 業務モデルの設計	10
1.6 RFID機種・システム関連機器選定	15
1.7 ROI (Return on investment : 採算性) の検討	17
1.8 必要なデータ項目抽出と国際標準コード体系の検討	18
1.9 インテグレータ選定	18
1.10 システム設計と構築	19
1.11 機器の設置と読取りテスト	20
1.12 読取り/書き込みエラーへの対処	21
1.13 電波法等の法規制への対応	21
1.14 実運用体制の整備と不具合解決時の準備	22
第2章 技術的なポイント	24
2.1 業界標準	24
2.2 コード体系の決定	24
2.3 標準の実装方法	26
2.4 100%読めない場合の対処	28
2.5 読取りデータの重複に対する考慮	29
2.6 読みすぎ	31
2.7 反射・干渉	32
2.8 複数台のアンテナを使用する場合の考慮	33
2.9 複数台のリーダーを使用する場合の考慮	34
2.10 読ませ方のコツ	35
2.11 書き込ませ方	39
2.12 リーダライタ制御アプリケーション	42
2.13 交信距離とアンテナ	44
2.14 RFタグ取付時の注意点	57
2.15 設置環境	60
2.16 RFIDの海外での使用上の注意点	61
2.17 ワンウェイかそうでないか	62
2.18 ロック機能とキル機能	63
第3章 関連技術の詳細	64
3.1 交信距離について	64
3.2 主な材料の誘電率と波長変化	68

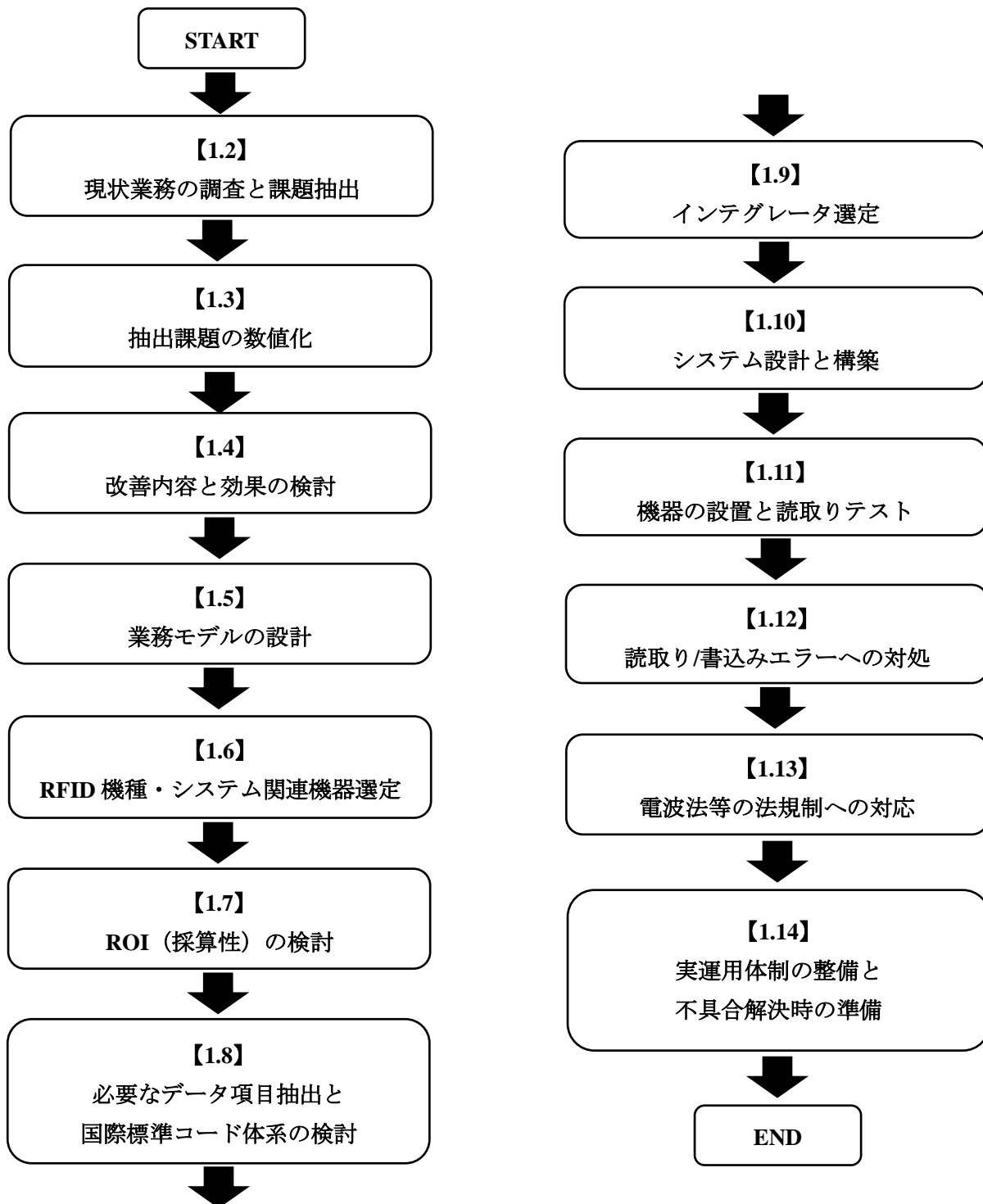
3.3	金属に取り付ける際の注意点	69
3.4	RF タグの実際の取付例とチェックシート	71
3.5	水分の影響を回避する RF タグについて	75
3.6	インベントリフラグとセッション機能	75
第 4 章	システム構築上のポイント	77
4.1	RFID による DX 実現	77
4.2	業務情報システム	79
4.3	各階層における交信データ設計と疎結合構成	85
4.4	システムにおけるサイバーセキュリティ対策	88
第 5 章	本ガイドラインに関連する規格・法規・ドキュメント	93

第1章 RFIDの導入と活用に向けたプロセス

RFIDを導入する際には、導入の目的を明確にしなければならない。また、RFIDを導入することで何を実現するのかについても将来構想も含めて事前にきちんと検討しておく必要がある。そして、RFIDの導入後の運用にあたっては、現場で発生した課題や問題点への解決策を都度、慎重に実行することが重要である。

1.1 RFID導入までの基本的なプロセスフロー

【第1-1図】にRFIDの導入までの基本的なプロセスをフローチャートで示す。



【第1-1図】 RFIDの導入までのプロセス

以下に、【第 1-1 図】に示したフローチャートの各項目について説明する。

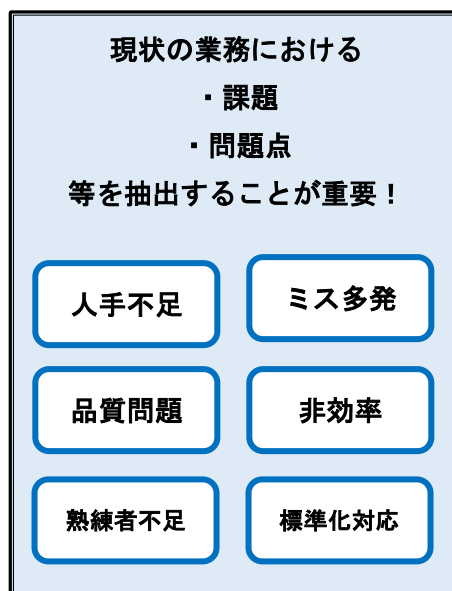
1.2 現状業務の調査と課題抽出

RFID の導入にあたって最も重要なことは、現在の業務や現場の状況をしっかりと把握し、そこで発生している課題を抽出することである。そして、出てきた課題を解決するために RFID を導入することが一つの解決策として挙げられる。もし、課題の抽出が不十分だと RFID を導入するメリットが薄れるばかりか、RFID を導入するための投資が無駄になる可能性があるので注意が必要である。

では、現場の課題としてどのようなことがあるのか、いくつかの例を以下に挙げてみる。

- ・将来的な人手不足に対応するために、現在、手作業で行っている作業を自動化したい。
- ・現在、製品に貼付されたバーコードを一つずつハンディ型のバーコードリーダーで読み取って入庫作業をしているが、その作業を効率化して作業時間の短縮を図りたい。
- ・現在、検品作業で箱に収納された製品を一旦、外に出して個々のバーコードをハンディ型のバーコードリーダーで読み取っているが、検品時間がかかり、読取り忘れ等のミスが生じて困っている。
- ・工場や関係会社に部品を送るためにパレットを使用しているが、パレットがきちんと返却されなかったり、紛失したりするので毎年、多くのパレットを新たに購入している。
- ・RFID を使った国際的なサプライチェーンへの対応や業界での共通システム化が進みつつあるが、具体的にどのように対応すればよいか分からないので困っている。
- ・セル生産ラインで、作業指示書に印刷してあるバーコードを各工程で毎回読んで作業を進めているが、バーコードの読取り作業が面倒なので、人手による読取りをやめて各工程の時間短縮を図りたい。
- ・生産ラインの各工程の入口で部品が載ったパレットに貼付されたバーコードを自動で読ませているが、バーコードが汚れていたり、オイルが付着したりしているとバーコードが読めずにライン停止が発生する。
- ・現在の生産システムはトラッキング制御をしているため、割り込み品等が入ると、間違った製品を作ってしまう。また、生産ラインの改造や変更を行うとシステム改造が非常に大変である。
- ・今後、変種変量生産に取り組んでいきたいが、生産ラインの段取り替えが難しく、治具設定のミス等も生じやすくなる可能性があるため、どうしてよいか悩んでいる。
- ・設備としてたくさんの金型を使っている。現在は、金型に紙を貼ったり、ペンで名前を書いたりして個々の管理をしているが、似たような金型があるので設置時に組み合わせを間違えたりする。今は熟練者が担当しているのでミスは少ないが、外国人労働者が増えると管理ができなくなる。
- ・市場での製品リコール発生時に対象となる部品を早急に特定し、リコール対応にかかる費用と時間を減らしたい。
- ・企業競争に打ち勝つために現場の情報の一元化を図るための RFID 等の自動認識技術や AI 技術を活用することによって、DX（デジタルトランスフォーメーション）を実現や SDGs（持続可能な開発目標）の達成を図りたい。

等。



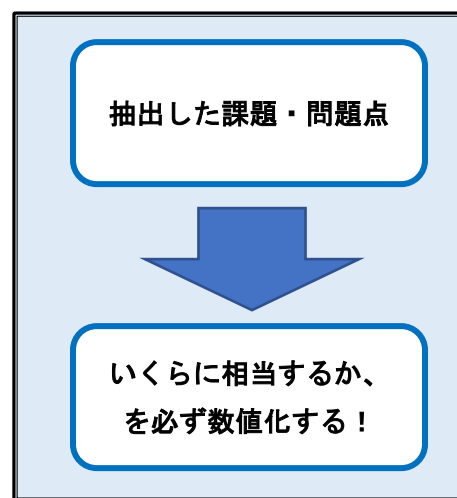
ここで紹介した例はほんの一部で、工場等の現場においては作業の効率化を妨げたり、生産リードタイムの短縮の弊害になったり、品質確保のための弊害になったりする様々な課題が生じているのは事実である。そして、RFIDを導入することで、すでにこのような現場の課題を数多く解決している企業は少なくない。

1.3 抽出課題の数値化

現場で発生しているいくつかの課題の例を前項で挙げたが、ここで重要なことはこれらの課題が自社にとってどれくらいのロスコストを生じているかをしっかりと金額として把握することである。つまり、課題を漠然ととらえるのではなく、その課題の数値化が必須で、この数値化がきちんとできていなければ課題解決や改善するためのシステムにいくら投資してよいか判断できないことになる。

なお、代表的なロスコストとしては、品質上の不良コスト、システム停止による生産数減少コスト、段取り替え時間増によるロスコスト、人手作業による人件費増コスト、人的ミスによるロスコスト、リコール時の対象部品の絞り込み負荷による対応ロスコスト等が挙げられるが、人件費に関するロスコストについてもきちんと見積もっておくことが重要である。

商談時によくある話だが、「人件費は効率化されても社員は減らないから関係ない。」といったことを言われることがある。しかし、無駄な時間を使って手で処理することを改善したり、自動化したりすることでその作業に人が関わらなくてもよくなることは企業にとって大きなメリットがあるのは事実である。人間にしかできないような、より創造的な仕事に人を就けることは企業にとって重要なことである。



1.4 改善内容と効果の検討

1.2 項で抽出した課題に対して、RFIDを導入することにより何がどのレベルまで改善できるか、何ができるようになるかを検討することが必要である。

なお、検討にあたっては「最初からRFIDを使う」という先入観を捨て、様々な自動認識関連機器を候補として挙げ、その中からRFIDが最適だと考えられる場合にRFIDを導入して課題を解決することを検討する、という進め方が大切である。

例えば、工場における製品や部品のピッキング工程で作業指示書のバーコード情報を一人の作業者が毎回、ハンディ型のバーコードリーダーで読取る作業の場合、1回の読取りに2秒を要し、その作業が1日400回あれば800秒、1ヶ月（22日）では17600秒となる。そこでRFタグを内蔵した作業指示書に替えて自動読取りができるように工程改善を図ると少なくとも読取り時間は半分になり、1ヶ月で8800秒、つまり約2.5時間の短縮、年間では約30時間の短縮が可能である。もし、ピッキング工程に200人の作業者がいるとすれば、年間に約6000時間分（=250日分）の無駄が省けることになる。

別の事例では、紙の伝票と人手による出荷工程での誤出荷によるロスコストの発生がある。出荷工程で、作業者が伝票を読み忘れたり、読み間違いをしたりすることによって対象外の製品を出荷してしまうことがある。しかし、出荷時にリアルタイムに情報が上がらないため、出荷後に間違いに気づくことになる。そのミスをリカバリするために別便を手配したりするような対応が個別に発生するため、大きなロスコストが発生することになる。そのため、出荷伝票を目視ではなく、バーコード、2次元コード、あるいはRFタグを活

用した仕組みにすれば、このようなミス回避を回避することができ、ロスコストの大きな削減につながるのである。

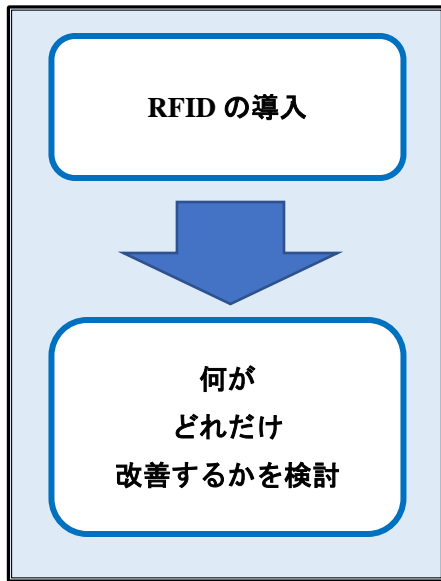
その他の例としては、製品のリコール発生時に製品に使用している部品のロット管理を行っていたとしてもリコール対象製品は莫大な数量となり、リコール対応にかかる費用と時間は計り知れず、場合によっては企業存続の危機につながることもある。しかし、RFID等の自動認識技術を導入して、部品をロット管理ではなく、個品管理する形にしておけば対象の製品の数量を絞り込むことが可能になり、リコール対応に要する費用と時間を大幅に削減できることになる。

また、工場で多くのRTI (Returnable Transport Items : リターナブル輸送器材。いわゆる、循環使用するパレットや通い箱等) を使用している場合、取引先にRTIが行ったきりで返ってこなかったり、他の企業に回されたりして紛失することも少なくない。企業によっては年間に数億円にも及ぶRTIが紛失し、毎年、新規に購入しているという話がある。そこでRTIにRFタグを取り付け、製品とそれを積載するRTIの情報を管理すれば、RTIの所在が明確になり、紛失を防止することができる。RTI管理方法やRFタグへの格納データ等については、ISO/IEC 17364 (JIS Z 0664) において細かく規定している。

なお、RFID活用に関して、さらに重要なことは現在の課題を解決するためにRFIDの導入を考えるだけでなく、将来に向けた新しい取り組みも念頭に置いてシステムを検討しておくことである。

例えば、アパレル業界ではRFIDを製品タグに付けて倉庫での入庫時に一括読み取りをすることで検品時間の短縮を図っている。さらに店舗においては製品の精算業務や棚卸作業をRFタグの一括読み取り機能を用いて実現している。つまり、RFIDの導入によって、倉庫での検品時間短縮という一つの課題を解決するだけでなく、アプリケーションの展開によっては店舗での作業時間短縮も実現できるようになる、といった新しいメリットを出している事例がある。

前項で、人的労力の削減により、これに費やされている労働力を、より創造的かつ生産的な業務に振り向けることができると述べたが、この背景には「答えは現場にある！」という金言が実効を発揮する機会でもある。現場作業者は、労務負荷の中で多くの改善の気付きを得ている。改善すべき業務をRFID化するにあたっては、こうした現場作業者に現行の負荷状況だけでなく、前後の業務がどうなれば自分の業務がスムーズに運べるかを提案してもらうことが工程再設計の重要なヒントになる。彼らの負荷が軽減されることで、さらにこうした改善アイデアが現場担当者から生まれることにつながり、その実施に生産技術部門が一体となって取り組むことで、真に「足腰の強い」現場を作り出すことができる。そして、こうしたマイクロプロセスを如何に効果的に階層的に構造化するかがDX (デジタルトランスフォーメーション) の要点である。



1.5 業務モデルの設計

これまで述べたように、RFIDシステムの導入には、課題の明確化とROI (投資対効果) が重要である。ただし、現状、認識している課題を解決するために単にRFIDを既存システムに置き換えるという視点だけで導入すると、現場の既存ワークフローに支障をきたしたり、RFIDワークフローが機能しなくなったりすることも起こり得る。また、RFIDの活用のみを優先させて、既存ワークフローを大改訂することも大きな負担となる。

しかし、RFID システム導入の ROI を最大化させる視点で何処まで踏み込んだ業務改革を行うかには、教科書的な正解は存在しない。これを見極めるためには、異業種であっても先例を研究し、自社工程に参考になる事例を収集して、良いところ取りと創意工夫を凝らす必要がある。また、そのために知見に富んだコンサルタントやインテグレータと共同作業して入念に検討する事は有効な方法である。

そして、以下に述べる様々な制約条件を考慮するとともに、それらを克服する対策を採った上で、どのような業務形態に変革すべきなのかを思い描く業務モデルのビジョンを描くことが投資対効果を最大化させ、RFID システム導入を成功に導く最も有効な方策となる。また、直面している業務課題を解消することだけでなく、ある業務を RFID 化したことを起点として、どのような波及成果を得られる可能性があるのかまで見通しておくことが望ましい。

最近よく耳にする DX（デジタルトランスフォーメーション）は、多くの事例が業務を数値化、および可視化することを起点としている。そして、RFID システムは、まさに現業の業務がどのように執行されているかを事実としてデータ化し、集約把握する手段として最強の方法となる。単に単一工程のデジタル化と個別最適化を考えるだけでなく、RFID システムの導入を起点に、事業構造全体を如何に変革できるかを考慮することは、RFID 化投資に短期的な効果をもたらすだけに留まらず、より大きな投資対効果を生み出し得ることを理解するべきである。

RFID や 2 次元シンボル等による物品の動きのデータを業務的に意味付けして蓄積し、これを自社事業に基づく Big Data として統計解析することは、事業活動の特徴や異常発生確率及びその発生の場所や時期の偏在性を発見する有用な資源となる。因果関係解析が容易となる明示的な統計分析を行う方が望ましいが、深層学習（Deep Learning）

と呼ばれる関係性発見のための人工知能（Artificial Intelligence）の力を借りることも増えている。ただし、この深層学習 AI は、ブラックボックス的に関係性を見つけ出す以上のことはほぼ不可能で、事象発生の原因究明につながる相関性分析は別途行う必要があることは知っておいて欲しい。DX への有用ツールとして“AI”と言うバズワードが軽々に語られるが、ここでは自社の事業改革に何が有用なのかという技術の本質に迫る判断が要求される。

ただし、RFID システムの導入検討にあたって将来的な応用発展性ばかりに目を向けると、過大な初期投資をすることにもつながりかねない。一方で将来発展性を見越さない仕様や業務設計に留まると、将来の改革を阻害する「お荷物」にもなりかねない。このバランスをとることは事例ごとに個々に異なるため、自社のシステム部門が知見に富んだコンサルタントやインテグレータと共同で入念に検討するとともに、経営層の高度な判断と決断、及び全面的な業務改革の推進を図ることが求められる。

1.5.1 業務の制約条件

まず考慮すべき点は、ハンドリングする対象物が「何であるか」を正しく特定し、RF タグを選定することから始まる。これは現在の RF タグが、貼付する物品の電波的特性に応じて使い分けを要求する個別最適で製造されていることに起因する制約からくる。安価なシール型や下げ札型は、電波吸収または阻害の特性があまり無い段ボール箱等の一般物品を対象に、安価に供給できることを最優先に製造されている。しかし、段ボール箱の内容物が以下に述べる電波阻害特性を有する場合、こうしたコスト低減が不可能な場合も有り



得ることを考慮する必要がある。

機械工業が一般的に取り扱う金属素材は、それ自体が電波特性的に大きな通信阻害性を有している。こうした物品を認識させるためには、金属体取付専用の金属用 RF タグを使用することが避けられない。また水性物質を入れた物品においても、その外側に RF タグを貼付したとしても、水の導電性による電波特性への影響を避けられない。そのため、RFID のインレイを水分から可能な限り離して貼付する等の対策が必要となる。そうした対象物品が、どういう電波特性を RF タグに及ぼすかは、最初から十分に考慮しておくことが重要である。それにより、どういう RF タグを採用すればよいのかは、自ずと決定される。当然ながら、電波阻害の少ない対象物であれば、できるだけ安価な汎用 RF タグを採用することが自然な選択となる。ただし、製品出荷後の物流環境や長期間にわたる過酷な用途での永続的な利活用を計画する場合は、別の観点から RF タグは選択されることとなる。なお、これについては第 2 章、3 章で詳しく説明する。

次に考慮すべき点は、RFID を利用する作業環境がどういう条件の場所であるか、である。

ベルトコンベアのような一方向の直線的な動線の上での業務なのか、山積みになった待機場での作業なのか等によって設置する読取りや書込みシステムの構成に大きな違いを生む。また、それが戸外なのか屋内なのかによっても考慮すべき事項が大きく異なってくる。

特に重要なのは、人間が生身では感知することができない「電波環境」への配慮となる。製造業においては、業務場所の間近にスパーク放電を伴うような産業機器が設置されていることは、ごく普通に有り得る。これらの機器から発せられるバースト電波は、RFID の読み書きに大きな阻害影響を与える。また、これ以外にも多くの干渉電波を発する機器が生産現場では稼働していると考えておく必要がある。しかし、こうした生産装置は、製造の基幹機器であることから、RFID 業務のために運転を停止するという事は本末転倒になる。そのため、これらを必須要件として RFID 利用業務の環境を整えることが重要課題となる。

もう一つ電波に関する重要な考慮事項がある。

RFID の読み書きに利用できる電波は、かなり巧妙にアンテナ特性を調整しても、意図しない方向や経路で反射や吸収が発生し、それが複合的に干渉することによって、読み書きできたりできなかったりという、想定外の現象を起こすことがある。こうした電波干渉の影響を皆無にすることは現実には不可能なので、これについても自社のシステム部門が適切なコンサルタントやインテグレータと十分に検討することが望ましい。なお、RFID に関するより深い知識を持つ技術者を自社で育成することは RFID システム導入・運用のために非常に有効な手段であり、一般社団法人認識システム協会 (JAISA) が毎年実施している自動認識基本技術者資格認定講習・試験や RFID 専門技術者資格認定講習・試験を受講・受験することは、自社における RFID 関連技術者育成の早道である。

さて、RF タグは、その内部に識別子以外の付帯的な情報を書き込んで持ち運びされ、物自体から情報を得る手段を備えており、様々な制約により通信が困難な作業現場にも対応できる仕組みを備えている。これには RF タグの“USER メモリ”と呼ぶフロッピーディスクや SD カードのようにある程度まとまった量の情報を電波で読み書きできる領域を使用することで実現される。

多くの場合、情報は無線回線を含む通信ラインを経由してリアルタイムに取得・格納することが当たり前となっているが、辺地であったり過酷環境であったり、セキュリティ都合でネットワークが組めないなどの

【制約条件の確認】

- ・ 取付対象の材質
- ・ 設置環境
- ・ 電波特性の把握
- ・ 格納データの検討
- ・
- ・

通信が不便な作業状況も有り得る。こうした場合に RF タグの情報担体としての能力が有効に機能する。

また、作業状況を RF タグ内に追記ないしは上書きすることもできるため、こうした状況下でも下工程に作業実施状況を伝達することが可能である。下工程の何処かが通信利便に優れる環境にあれば、それまで RF タグの中に蓄積されてきた情報を吸い上げ、上位システムに報告することも自在である。また更に後ろの工程に新たな作業指示を伝えるべく、新指令をその中に書き出す機会ともなる。こうしたマテリアルハンドリングのライフサイクル全体を見通しておくことは、個別の業務改善に留まらない業務革新をもたらす。

ただし、この機能を担う RF タグの“USER メモリ”と呼ぶデータエリアとの読み書き無線通信は、通常の識別子の読み書きよりもはるかに時間がかかるため、注意が必要である。担体に頼って情報を持ち運び利用する場合は、このことを十分に考慮に入れて業務を設計する必要がある。

一方で、最近よく話題になる IoT は、この USER メモリの読み書きを原型としていることも覚えておいて欲しい。センサが掴んだ観測値をここに格納して RF 電波を含む通信手段でインターネットに上げることと、インターネットからここに動作指令を書き込むことが IoT の原始形である。それを円滑に実行するために電池を積む、受動（センサ）または能動（アクチュエータ）の付帯機器（本来はこれが主機能）を積む、あるいは高等処理を実行するためにそれなりに強力な演算機を積む、といった具合に肥大化させたものがいわゆる“IoT Edge”に他ならない。自己移動型のロボットも十分その範疇に含まれる。

RF タグは識別子を教えるという最もシンプルな IoT エッジであると理解すれば、IoT による DX というものがどういうことであるかの大局観が掴み易くなる。RFID を学ぶことは IoT を理解する最速の方法である。また、エッジは移動する物品を仮想化したものと捉えることも、ある場所を表して、そこに出現する他の物品やその場に起きる物理的な事象を伝える物と捉えることも IoT 全般を理解する早道となる。

一方で QR コードに代表される 2 次元シンボルもこうした作業指示情報を伝達する用途にも利用できる。しかし、2 次元シンボルにおいては、RF タグの USER メモリに相当する領域の規格が未制定であるので、現在は識別子と一体化させて表記することが難しい。また当然ながら、新しい情報を付与するためにはラベル等を貼り替える必要がある。ダイレクトマーキングの 2 次元シンボルはそれすら難しい。こうした課題は新しい自動認識の標準規格が必要となっていることを示唆している。

1.5.2 スコープの設計

RFID 導入プロセスにおいてスコープの設計が最も重要である。

RFID を導入することで改善が見込まれる、あるいはそれによって調整や修正が必要となる既存業務全体を指し、その影響範囲が何処まで広がるかを見極める、あるいは何処までに押し止めるかを決断することを「スコープの設計」とここでは呼ぶ。なお、勘違いしやすいのはこれを無線系を含めた情報システムだけの構築と改修だと狭い範囲で考えてしまうことである。RFID の導入目的は「業務を改革する」ことであり、システムを入れることではない。

スコープを最大限に広げて考えると、RFID の導入は、その企業そのもののあり方を根本から変革する DX（デジタルトランスフォーメーション）の起爆剤にすることもできるし、その自動認識データを基にした統計データや業務状況データがサプライチェーン全体を一気通貫で流れるようにできると、その業界自体の生態系ルール全体がパラダイムチェンジするところまで波及することになる。ドイツ Industry 4.0 に概念の起源があり、日本で言われる“Connected Industries”とは、この状態を指す言葉である。物理的な物品を取り扱う製造業においては、RFID をはじめとする自動認識技術基盤無しには、この Connected Industries は存立し得ない。導入当初のスコープを極力最小化することは、自動認識技術に習熟する良い選択であるが、その先には

このConnected Industriesの世界が広がっており、そこへの入口に自分たちは立ったのだ、ということを実感する必要がある。その新しい世界での勝ち残り競争は既に始まっている。古い世界に留まることは、Connected Industries適応者に淘汰される側に陥ることを意味する。

ところで、重要なことは、自社の業務を正しく把握することであり、現在の業務形態がどのように執行されているかをばらつきがあることも含めて正確に把握し、阻害要因を特定する必要があることである。これを直接的に解決することだけでなく、その合理化のために前後の工程をどのように整えるかを立案し、実行手段を計画することもこの段階のRFIDプロジェクト推進者の業務となる。

自動認識技術には「情物一致」という背景思想がある。実際に目の前に物があっても、それが何なのか、どう取り扱うべきなのかは、「情報」として「知る」ことが不可欠である。こういうものが来るはずで、それはどうしなければならないかの「情報」だけがあっても、それがどの物品のことを指しているのか特定できなければ意味をなさない。RFIDに代表される自動認識技術は、この情報と物品を強力に一元化させる最強の手段となる。正しく割り付けられた識別子を認識することで、その物品に対する現場作業を、あるべき姿で迅速に遂行できるようにすることが自動認識技術の導入価値の本義である。

さらにここで一旦立ち止まって考え直すべきことは、「その作業は解消（省略）できないか？」という大局的な見方をするのが重要である。それぞれの作業は必ず、上位目的を達成するために実施されている。その上位目的を効果的に達成するために、工程の全体を見直し、その実施手段を整備することはマイケル・ハマーとジェイムス・チャンピの著書で紹介された「ビジネス プロセス リエンジニアリング」という言葉で1993年から提唱されて来たが、日本では限られた一部でしか認識されてこなかった。しかし、海外で高い生産性と成長を遂げた多くの企業には、このリエンジニアリングに取り組んできたところが多々ある。

全体的な工程の連動構造をデータリンクの視点から見直すと、現在の課題となっている物品の個別把握業務が、解消可能な付帯作業なのか、価値源泉を生む必須業務なのかが自ずと見えてくる。物品を個別に確認することで、例えば、それに合わせて加工条件を最適化するとか、例外的に特別な保管措置が必要になるなどのクリティカルな取り扱いが正しく執行されることを担保できるのであれば、そこには十分な投資価値が見えてくる。そうでないのであれば、その上工程と下工程のあり様を再考することで、その物品確認作業は解消できることも有り得る。その一つが物の動きを単線・整順化するなどマテリアルハンドリングを根本から組み替えるといった物理的な措置と一体化する場合もある。

自動認識技術を取り扱う、ないしは取り込む情報システムを考えるにあたっては、こうした「斜め上」からの視点を持つことが最も重要となる。しかし、それは決して現場の賛同や協力を妨げる「上から目線」ではなく、現場に蓄積されている、ないしは芽生えている「知見」を業務改善、あるいは抜本的な業務改革に取り込むための活動であることを忘れてはならない。

1.5.2.1 達成されるべきビジネス・ビジョン

以上のことを総合した、適応対象となる業務、ひいては改革を達成した暁の事業の全体像を俯瞰したものが「ビジネス・ビジョン」である。もし、可能であれば将来的な波及効果の範囲を最大限に描き出し、それがどのような新形態の業務モデルの組み合わせで実行されるのかまで、このビジネス・ビジョンに記述する

スコープの設計が重要！

**RFIDの導入目的は、「業務の改革」
であり、DXの起爆剤と鳴り得る！**

**「システムを入れること」が目的
ではない！**

ことが望ましいが、それが叶わない段階であっても将来的な予告レベルとして想定しておくことは有益である。これを膨らませる一番の早道は、成功および失敗を含め他社事例を研究することに尽きる。この知見を獲得するにおいて、先行事例を多数持つ優良な協力企業を見つけることが肝要である。

このビジネス・ビジョンは、実は企業を大々的に変革させる DX の設計図の重要パーツであることを RFID プロジェクト推進者は認識されたい。業務状況を可視化することは DX の最も有用な起点となる。業務の可視化を最も効率的に「現場の物理現象をデジタル化する」手段の一つが RFID 技術である。IoT の概念は、電池・センサ・アクチュエータ・演算機・通信中継器を搭載した高機能型 RFID を原点としている。これは RFID 黎明期の MIT Auto-ID センター（後継組織は現在の GS1）時代に提起されたことに端を発する。このように IoT は決して新しい概念ではなく、RFID を理解することは IoT 全体を理解する最も有用な早道となる。

こうした前後のマイクロな工程を最適化することに留まらず、サプライチェーン全体でマクロ最適化を図る上でも、自動認識技術はそのエビデンスを実体化させる最強の方法となる。こうした Connected Industries は、企業の事業構造やドメインすら変革する力を持っている。

**「ビジネス・ビジョン」は
DX の設計図の
重要パーツ！**

1.5.2.2 階層的な物品 ID の活用

情物一致が有効に機能するシーンの一つに、JIS Z 066X シリーズが規定している階層的な物品構成に基づくマテリアルハンドリングが挙げられる。商品の中身が個装箱に梱包され、それらがまとめられてパレットやクレートの RTI に積み上げられ、その RTI がコンテナに積み重ねられ、トラックや船に積まれて・・・という階層構造を形成しながら物流は執行される。現物を確認する作業は、この荷姿階層の何れかを認識することで執行されるのが通常である。この時に問題になるのが、その上位階層の識別子の物品には、今は何が入っているのか開けてみないと判らないという矛盾が起き得ることである。

「中には何が入っているか」を知ることで、これはどう取り扱うべきか、あるいは後続する業務に準備開始を促す等、業務や事業全体を整える絶好の機会となる。

残念ながら現在の ISO/IEC の自動認識規格では、こうした階層貨物の内部構成状態を記述し伝達する標準が規定されていない。一方で GS1 には、これを取り扱える規格である EPCIS (EPC Information Service) が制定されていて、各企業が独自に、あるいはサプライチェーンを通じた情報システムを構築する際には参考になる。EPCIS については 4.2.2 で簡単に紹介する。

1.6 RFID 機種・システム関連機器選定

1.5 項の業務モデル設計を基に実際の現場で使用する RFID 機器やシステム関連機器を選定する。

リーダライタ/アンテナや RF タグの選定においては、

- ・運用時に必要な交信距離
- ・リーダライタ/アンテナを設置するスペースや読取り場所のスペース
- ・リーダライタ/アンテナが設置される環境、周囲環境
- ・RF タグが付けられる対象の材質（樹脂、金属、他）
- ・RF タグを取り付けるスペース
- ・RF タグが使用される環境

等、設置現場の物理的な条件を考慮する必要がある。

また、RFID を使う目的という側面から考えると、

- ・ ID 管理を目的に RFID を使用する場合には、RF タグのメモリ容量はあまり大きくなくても構わないので、UHF 帯の ISO/IEC 18000-63 Gen2 に適合した機種が最適である。
- ・ RFID を活用して、生産工程の自動化ラインを実現するようなデータキャリア的な使い方の場合には、RF タグのメモリ容量が数 100～数 k バイトの機種を使う必要がある。

というようなことも重要な機種選定の要因である。

なお、国際標準や業界標準が制定されているアプリケーションで使用する場合には、その標準で推奨された機種を選定する。例えば、RFID に関する国際的なサプライチェーン規格 ISO/IEC 1736x シリーズや自動車業界の JAIF (Joint Automotive Industry Forum) 規格、および AMDD (米国医療機器・IVD 工業会) 等においては、UHF 帯の ISO/IEC 18000-63 Gen2 タイプの RFID を使用することが推奨されている。

さらに、現場での運用という観点では、以下の点に考慮しなければならない。

- ・ コンベアやフォークリフトを使ってゲート方式で製品や部品の一括読取りをする場合には、複数台のアンテナを方向や角度、および出力を調整して設置し、アンテナの同期をとって読取りを行う必要がある。
- ・ 人手による製品や部品の一括読取りをする場合には、ハンディタイプのリーダが効果的である。
- ・ ハンディタイプのリーダの場合には、読取りをする場所によって電波の反射や干渉を受けるので、アンテナ出力の設定が変えられるタイプが良い。

RFID 機器の選定においては、

- ・ 現場の環境に最適な機器
 - ・ 標準化に適合した機器
 - ・ 各工程に最適な機器
 - ・
 - ・
- 等を考慮すること！**

また、海外向けのシステムだったり、将来的にそのシステムを海外に展開する予定があったりする場合には、あらかじめ対象国の電波法認定済の機種を選定しておく方がよい。

このように RFID を設置する場所や運用するシーンによって条件が異なるので、RFID 機器の選定は慎重に行う必要がある。

さらに RFID 機器自体の選定以外に、システムの観点から留意すべき点がある。

- ・ クリーンな使用環境においては、パソコンを RFID の上位システムとして使用することがあるが、工場の現場に設置する際には環境面から PLC や専用コントローラを上位システム機器として使用の方がよい。
- ・ 上位システム機器は Ethernet で基幹システムと接続し、基幹システムのサーバに関係する情報を格納する。
- ・ ハンディタイプのリーダを使用する場合は、無線 LAN や Bluetooth といった通信機能を有する機種と用い、読み取った RF タグのデータを送れるようにする。

一般社団法人日本自動認識システム協会 (JAISA) では、自動認識技術者資格認定制度を実施しており、上位の資格として RFID 専門技術者資格の認定を行っている。この資格を取得するには自動認識基本技術者試験に合格した上で、RFID 専門技術者講習を受講して試験に合格する必要がある。この資格は、RFID に関する深い技術の習得が可能であるため、非常に有意義である。ユーザとしても自社にこの専門資格を有する技術者を育成し、RFID の機器選定や RFID を活用したシステム構築を検討する際にこの有資格者の知識を有効に活用されることをお薦めする。

- ・RF タグが壊れた場合を考え、製品や部品に RF タグに格納した情報と同じ情報をバーコードや 2 次元コードにも付加しておくことも有効である。その際には、ハンディリーダーは RF タグだけではなく、バーコードや打刻やレーザーマーキングした 2 次元コードも読める機能を有する機種を選定しておくのがよい。
 - ・現場で RF タグのデータを読む際に、電波の反射、干渉が問題になる場合がある。その対策としては、シールド材や電波吸収体シート等の設置を行い、電波の反射や干渉対策を行うことが有効である。
- なお、本項で述べた RFID 使用上の注意点に関する詳細は、第 2 章、3 章を参照のこと。

1.7 ROI (Return on investment : 採算性) の検討

1.3 項で示したように現場の課題を数値化し、課題を解決するために RFID の機器やシステムについて検討した後に、必要な概算投資額をシミュレーションする。また、できれば、運用後に生じるメンテナンス等に対するコストも割り出しておく。

ここで算出した投資額と課題を数値化した金額とを比較するとざっくりとした ROI (採算性) の検証ができる。経験上、課題でロスコストを計算する際に人件費を除外する企業も多いが、RFID を活用した運用においては削減できる人件費の割合は非常に大きいので、人件費もシミュレーションに必ず組み込む必要がある。

L : 課題によって生じるロスコストの金額

I : 課題解決のための投資額

$$\text{ROI} = \frac{\text{L}}{\text{I}} > 1.0$$

ここで、ROI が 1.0 以上であれば、投資に対する効果の方が大きいということになる。

現状の課題解決のために計算した ROI が 1.0 の場合、RFID を導入することで得られる将来的なメリットを加えれば、ROI はさらに大きな値となり、投資する価値を見出すことができる。

例えば、作業者のバーコードの読取りミスや読取りもれによって製品をご出荷してしまうような問題が年間 10 回発生したとする。対象の製品は単価が 5000 円で 1 回あたり 1000 個程度の出荷数量だと仮定すれば 1 回のミスで生じる製品のロスコストは 500 万円となる。しかし、納入する客先の納期を守るために、新たに正規の製品を出荷するための準備をしたり、別便のトラックを仕立てて届けたりするために人件費や車両手配代、交通費、および経費が 1 回あたり 10 万円かかるとすれば 100 万円かかることになる。

そこで、ハンディ型の 1 台 20 万円の RFID を 10 台導入し、出荷システムを 200 万円の投資をして管理するようにし、このようなミスを解消すれば、ROI は $600/400=1.5$ となる。

そして、さらに考えなければならないのは、単なる出荷ミスによるロスコストを解消するというだけでなく、数度の誤出荷によって会社の信用を失いかねず、その後の取引に大きな影響を及ぼす可能性があることである。また、場合によっては、会社の存続にも影響しかねない。つまり、この 400 万円の投資は出荷ミスを解消するといった単純な目的以上の大きな効果を生み出すことを忘れてはならない。

なお、RFID の導入によって現場の課題を解決することは最低限の効果であり、RFID の導入によってこれまで実現できなかったさらなる現場の効率化や自動化、あるいはトレーサビリティの質の向上による製品品質の向上等を図ることができれば、投資した以上の大きな効果が得られることも多い。

自動認識技術で生成されるデータは、その作業現場や前後の業務のトータルコストを改善するだけに利用範囲を留めるのは「もったいない」ことであることを理解しておくべきである。このデータを蓄積し、統計

処理をベースとしたデータ分析を行うことで、事業の現在状況を事実に基づいて判断できるようにもなる。また、物品の動きを可視化することで、計画通りにラインが回っているのか、何が障害状況にあるのかが一目瞭然にできる。ここで誤解しがちなのは、物品の検知データそのものが所謂 Big Data の対象だと思ってしまうことである。クロード・シャノンの情報量理論を正しく理解していれば、価値が有るのは注視すべき「通報」であることは自明である。自動認識を取り扱う情報システムは、生の検知データから、どうやってこの価値のあるデータに組み上げるかに工夫を凝らす必要がある。

この価値あるデータを統計学や更に高度な分析に掛けて得られる“BI (Business Intelligence)”に昇華させることができる。さらに高度な使い方として、調達品を自動補充発注することや、サプライチェーン上下でのデータリンクが実現されれば、出荷先の商品や工程の捌け具合を見ながら自社側の生産計画を自動調整するなど、事業そのもの、延いては業界全体を自動最適化することさえ可能となる。

1.8 必要なデータ項目抽出と国際標準コード体系の検討

RF タグに格納するデータ項目の抽出を行う。また、国際標準や業界標準がある場合には、それらの規格にあてはめてコード体系を作成する必要がある。

例えば、サプライチェーンにおける RFID 規格である ISO/IEC 17367（国内では、JIS Z 0667）の場合、使用する RFID は ISO/IEC 18000-63 Gen2 タイプが標準となっており、RF タグの UHF/EPC メモリには以下のような体系で、6 ビット圧縮文字を使用してデータを格納することが決められている。

（*詳細は、ISO/IEC 17367、JIS Z 0667 を参照のこと）

格納データ例：25SLA1054600V000016030001000001”（31 桁）

- 25S : DI (データ識別子)
- LA : IAC (発番機関コード)
- 105460 : CIN (企業コード)
- 0V000016030001000001 : SN (シリアル番号)
 - 0V : 工場コード(2 桁)
 - 0000 : 用途コード(4 桁)
 - 1603 : 導入年月(4 桁)
 - 0001 : 品種コード(4 桁)
 - 000001 : シリアル番号(6 桁)

また、企業が独自に RF タグをデータキャリアとして運用する場合には、現場に必要なデータを RF タグに格納することが多い。

例えば、製品名、機種名、品番、シリアル No、ライン No、工程 No、装置 No、次ライン No、次工程 No、次装置 No、加工・組付日時、組付け情報、検査情報、不具合 No、作業者 No、パレット No、パレット識別情報、梱包種別、数量、等の生産や管理用に使用するデータを格納する。

1.9 インテグレータ選定

ここまでの検討を基に自社内の RFID 専門資格技術者、情報システム関連部署や生産技術関連部署において具体的なシステム設計を行うことが望ましい。なお、外部のインテグレータ、ベンダ、あるいはメーカーに

委託する場合は、以下に述べるようないくつかの留意点がある。

1.9.1 提案募集要項の作成と募集における留意点

委託先候補に対して提出する提案募集要項（Call for Proposal）には、それまでの検討で把握できている業務要件を明瞭に書くことが重要である。また、RF タグや機器を先決めして進めると、実際には要件を満たせずに計画自体が破綻することが起きやすいので注意が必要である。

そして、候補となるインテグレータ、ベンダ、及びメーカーには、異業種であっても公開可能なこれまでの各社の現場実績を内覧させてもらえるように働き掛け、そこで各社が培ったノウハウや知見を今回のシステムに利用できるかを見定めるようにする。

1.9.2 インテグレータ、ベンダ、及びメーカーに関する留意点

委託先候補のインテグレータ、ベンダ、あるいはメーカーに対しては、必ず、実際の現場を見てもらうことが重要である。

現場経験が豊富なインテグレータ、ベンダ、メーカーは過去に何度も苦い経験をしていることも多いので、どんなことに注意すべきかというノウハウや知識を有している。RFID は電波を使ったシステムであり、電波は生き物と言っても過言ではない。そのため、教科書に書いてある知識だけでは現場で通用しないのも事実である。つまり、現場で培った豊富なノウハウはシステム構築上の大きな武器になる。

そして、このような武器を有するインテグレータやベンダ、あるいはメーカーは、できることとできないことの判断も明確なので、場合によってはユーザに対して厳しいアドバイスをを行うこともある。しかし、このアドバイスはユーザにとっては非常に有意義であり、RFID の導入に失敗しないためにもしっかりと受け入れる方が良い。なお、自動認識のプロ集団である自動認識システム協会に相談してみるのも効果的な策の一つである。

さらにベンダについては、現場での安定運用を継続し、現場での効率を追求していくパートナーとして位置づけて、運用体制に組み込むことが望ましい。しかし、気をつける点は、ベンダによってはその状況を好まないケースが有ることも事実である。ユーザとしては、ベンダ・ロックインを避けて将来的な自社の自由度を保つ戦略もあるが、この場合は、RFID 専門技術者資格を有する人材等を核に自社内にエキスパート水準の運用体制を構築し、それを維持することが望ましい。

1.10 システム設計と構築

システム設計においては、現行の基幹システムや上位システムとの関係も考慮した上で RFID システムを構築する形になる。その際に基幹システムのデータベースと RFID 関連のデータを取り扱うシステムとの切り分けが必要となる場合があるが、基幹システムのデータベースと直接、アクセスするシステムにするとトラブル発生時に問題の切り分けが難しくなるため、システムを階層化構造にして、RFID 関連データを扱うサブシステムやデータベースをインタフェースとして新たに設けることも有効である。

また、現場で RFID のデータをやり取りするだけのシステムであれば、現場に PC を置いて管理することができるが、生産システムと連動させる場合には、通信機能のほかに制御機能を有する PLC (Programmable Logic Controller) を核として RFID 機器を接続するシステム形態の方が有効である。

なお、RFID 部分については自社で実績のあるインテグレータやベンダと共に構築した方が開発期間の短縮やトラブル減少につながる。

また、RFID を ID 管理的に使用する場合は、現場で必要となる情報を毎回、ネットワークを介して収集することになるので、ネットワークトラブルやその他の原因で現場のシステムが停止することも考慮してバックアップ体制を充実しておくことが必要である。

なお、RFID を活用した新しいシステムを開発する際に重要なことは、現場の意見をしっかりと取り込むことである。情報システム従事者や生産技術部門でシステム開発をする際に、机上の理想だけを追求求めるシステムになってしまうことが多々ある。そのようなシステムを現場に落とし込むと現場では全く受け入れてもらえなくなり、投資が無駄になってしまう。そのため、システム開発をする際には、より現場との連携を密接に取り、現場の意見を取り込んだシステムにするように心がける必要がある。

1.11 機器の設置と読取りテスト

RFID 機器やシステム関連機器の選定が終わり、システム設計が完了した時点で、具体的な RFID 機器の設置に関する検討や RFID 機器の読取りや書き込みのトライアルを行う。また、RF タグについては装着する対象物の形状や材質、RF タグの向き、あるいは装着位置によって性能が大きく変化するので、最適な装着場所を見極めるための事前テストが必須となる。

そして、RFID 機器、特にリーダライタやアンテナについては、設置場所、設置環境、設置角度、および周辺環境等で読取り性能が変化するので、設置に関する十分なテストを行うことが必要である。さらに、RF タグとアンテナがどれくらいの距離で交信すればよいのか、また、どれくらいの交信領域が確保できれば生産スピードに対応できるのか、そして RF タグが装着された部品やパレット等の位置決め精度がどこまで厳密にできるか、等によってアンテナの設置位置が変わるので注意が必要である。

また、読取り性能は流れてくる部品や製品の形状によっても異なる。特に交信距離が長い UHF 帯の RFID はその傾向が顕著であり、読取りテストを行う際には、実際にラインを流れる全ての部品や製品でテストを実施した方が良い。

さらに考慮すべきなのは、複数の RFID 電波装置が稼働する環境であるかを見極める必要がある。自社の管理下にある施設内に限定でき、他社の設置する RFID 電波装置の影響を完全に除外できることが望ましいが、こうした状況を確保できない業務環境にならざるを得ないことに対しても考慮が必要である。

無線電波は単純な送出力とアンテナの利得特性で概算される有効交信距離よりも遥かに遠くまで有効交信範囲として作用する場合がある。例えば、同居型の多層構造式ロジスティクスセンタで RFID を利用する場合、別の階に設置されている他社の RFID システムが発した電波を意図せずに受信し、自社の業務が阻害されることが起き得る。また、自社内であっても、部門ごとにそれぞれ独自に RFID を導入した場合、思わぬ所で同様に別部門のシステムの電波により自部門の業務が阻害されることも起こり得る。そのため、先行する RFID システムの存在状況を事前に把握し、それとの影響を如何に最小化するかについても十分な検討と対策が必要となることも想定しておかなければならない。

また前述のように他社との雑居環境にある場合、自社の電波が他社の RFID システムに迷惑を掛けないように配慮することも当然のマナーである。形式的には後述の電波法を遵守しているつもりでも、他社エリアへの電波漏洩対策を怠った場合、電波公害による業務妨害を受けたと訴訟になる可能性さえあるので注意が必要である。なお、本項で述べた RFID 使用上の注意点に関する詳細は、第 2 章、3 章を参照のこと。

**導入前には、
必ず、RFID 機器の
現場での読取りテスト
を実施すること！**

***現場には RFID の特性に悪
影響を及ぼすものがある。
事前テストで課題を把握し、
解決しておくことが重要！**

1.12 読取り/書込みエラーへの対処

読取りや書込みテストを行った際に読取りエラー、書込みエラー、あるいは読取りミス等が発生した場合には、その原因をきちんと調査し、対策を実施しなければならない。テストの段階でエラーやミスが頻繁に発生するようであれば、実運用ではライン停止が頻発し、生産に大きな影響を及ぼすことになる。

また、アンテナと RF タグとの距離設定が適切でないと通信ができないので、通信領域を確認し、仕様に適合した設置距離、および設置位置になっているかを調べる必要がある。また、HF 帯の RFID に比べて、UHF 帯の RFID は読取り距離よりも書込み距離がかなり低下するので、ライン上で RF タグにデータの書込みをするような使い方の場合は、アンテナの設置箇所に関して書込みをすることを前提にして、RF タグに少し近づけた位置にしておかなければならない。

また、UHF 帯の RFID は長距離通信ができる反面、電波の反射や干渉が発生しやすくなるため、アンテナの周囲に存在する金属体や反射物体の影響を受けて、RF タグの読取りができなかったり、離れた場所にある読取り対象外の RF タグのデータを読んだりすることも多い。そのため、ラインの運用上で必須となるアンテナ設置箇所、つまり可能な限りアンテナの電波出力を絞った位置を決め、それでも改善できない場合にはアンテナの通信領域の周辺や読取り対象の RF タグが付けられた部品や製品の背後等に電波シールド材を設置して、対象外の RF タグ以外を読取らないようにするといった対策が必要である。

また、このような設置環境に限らず、「読みこぼし」、あるいは「読取りデータの重複」という現象も発生する。こうしたリーダライタの望ましくない動作を整頓する「ミドルウェア」の一つとして、GS1 の規格である ALE (Application Level Event) が規定されている。

また、周辺の電波環境以外においてリーダライタや RFID 関連システム機器の電源ライン、および機器設置箇所周辺にスイッチング電源、インバータ、あるいはモータ等のノイズを発生する機器があると、そのノイズが電源ラインに乗ってきたり、空中をノイズが伝搬して機器が誤動作することがあったりするので、できるだけ専用の電源ラインやアースラインを設けたり、機器周辺をシールドしたりする方が良い。

さらに、Ethernet 等の通信機能を有する機器においては、FA 用の通信コネクタや通信ケーブルを使用することも重要な対策の一つである。また、無線 LAN や Bluetooth 等の通信を行ってシステム制御をする際には、通信機器によってはチャンネル間の干渉がないように留意する必要がある。

なお、自社内だけでテストや対策を行うのが難しい場合には、多くの経験や実績を積んだ RFID メーカーやインテグレータの協力を得て一緒に対策を行うのが得策である。

なお、本項で述べた RFID 使用上の注意点に関する詳細は、第 2 章、3 章を参照のこと。

1.13 電波法等の法規制への対応

RFID システムはアンテナ-RF タグ間を電波（無線）でやり取りをするため、国内外を問わず、電波法の対象システムとなる。

国内で HF 帯、MF 帯、LF 帯の RFID を使用するためには、RFID メーカーがアンテナから出る電波の電界強度を電波法に基づく範囲で設計し、電波法に適合していることを証明しておく必要がある。なお、この帯域の RFID はユーザが使用する際には電波法上の届け出等は不要である。

しかし、国内で UHF 帯の RFID を使用する場合、特定小電力無線局よりも大きな電波出力を出している機器の使用は電波法における免許局や登録局といった無線局の開局申請が必要になるため、実際にシステムが稼働するまでにユーザが免許の取得や開局申請等をおこななければならない。なお、その前提として、RFID 機器は技術基準適合証明書を取得している機器を選ぶ必要がある。

また、海外で RFID を使用する際には、米国の FCC（Federal Communication Committee：連邦通信委員会）や欧州の ETSI（European Telecommunications Standards Institute：欧州電気通信標準化機構）を始めとする各国の電波法の認定を取得している機器をあらかじめ選定することが重要である。また、国によっては現地法人のユーザが現地でライセンスを取得しなければ使用できないことがある。いずれにしても、海外での RFID 導入を計画する場合には、使用する RFID 機器がその国の電波法に認定を取得しているか、現地で使用する際の手続き方法やライセンス取得方法等をきちんと調査し、現地でスムーズにシステムが稼働できるようにしておかなければ、後々大変なことになるので注意が必要である。なお、万一、電波法に適合していない機器を使用したり、無免許で使用したりしていることが発覚した場合には、禁固と罰金という厳しい措置が取られることがあるので、当然、システムも稼働できなくなり、大変な状況に陥ることになる、ということも知っておく必要がある。

また、HF 帯の RFID の場合は、まだ各国の電波法における電波出力や電界強度の上限値が類似しているが、UHF 帯の場合には国によって電波出力の規定値が異なっていたり、使用できる周波数帯が違ったりしていることも少なくない。つまり、RFID メーカーは各国の電波法に適合する機器を個別に開発しなければならないことになる。そのため、日本国内で UHF 帯の RFID を活用して構築したシステムをそのまま海外の国に移植する、ということができなくなることもあるので、海外の工場にシステムを横展開する際には注意が必要である。

電波法は法律！
そして、電波法に対する「準
拠」という考え方はない。

「適合」、「認可」は必須！

第 2 章に UHF 帯の RFID に関する各国の電波法上の使用可能な周波数帯域等について記載しているので、機器選定の際の参考にさせていただきたい。

さて、RFID の使用に関してもう一つ注意が必要な点は、海外の電波法と日本の電波法との違いである。

日本においては、ある一定基準の電波しか出していない場合には周波数に関わらず、微弱無線局という範疇に割り当てられ、ユーザは自由に RFID 機器を使用することができる。しかし、海外の場合にはどれだけアンテナが出す電波の出力が小さくても自由に使用することはできない。海外の電波法では、周波数ごとに明確に使用してよい機器や用途を限定しているため、その規定に適合しない機器は使用することが認められていないのである。

1.14 実運用体制の整備と不具合解決時の準備

RFID システムを活用した工程での実運用を重ねる中で、事前のテストでは起きなかった不具合が発生することがある。万一、不具合が発生した場合には、不具合の現象確認、不具合箇所の切り分け（ハードなのかソフトなのかシステムなのか等）、および不具合の原因究明を行い、その対策立案と実行をすることになる。

例えば、RF タグのデータ読取りでエラーが発生する場合には、単純にエラーというひとくくりの現象で片づけるのではなく、

- ・全ての RF タグのデータが読めないのか
- ・ある特定の RF タグのデータが読めないのか
- ・RF タグのデータが返ってこないのか
- ・返ってきたデータがおかしいのか
- ・頻繁にエラーが発生するのか
- ・時間帯によってエラーの発生頻度が変わるのか

等、エラーの内容を細かく切り分ける必要がある。

また、ハード的にはアンテナとリーダライタ、あるいはシステム機器のどれがおかしいのかを追求することになる。そのためによく行うことは、それぞれの機器を接続しているケーブル配線を外して、新品の機器と交換してテストを行い、問題が生じるか否かの確認で、万一、機器を交換してエラーの現象が収まれば機器の不具合となる。また、各機器を接続している上位ケーブルを始めとする各種配線ケーブルも一度、新品に交換し、ケーブルに断線等がないかも合わせて確認することも重要である。

また、現場改善やシステムプログラムを変更した際にもトラブルが発生する原因を作りやすくなる。

特に立ち上げ当初のシステムソフト設計者が配置替え等でいなくなった現場では、引継ぎ資料は存在するもののノウハウ的な部分での継承が十分になされていないことも多い。当初の設計者がある意図をもって作ったプログラムの意味が分からず、後任者が削除や変更をしてしまい、それがシステムに影響を及ぼした、という例も少なくない。

特に UHF 帯の RFID を使用している際にアンテナの設置位置や設置角度は全く変更していなくても、製造する部品や製品の形状が異なるものを新規投入したり、製造ラインに新規にロボットを導入したり、あるいは製造ラインの周辺に新たに棚を設置したりすると電波の飛び方が変わり、反射や干渉などによる読取りエラーが発生する原因にもなるので、新規にロボットを導入する時や現場のレイアウトを変更する際には、事前に十分なテストを行って、テスト条件やテスト結果を記録しておくことが運用時のトラブル発生を防ぐためにも重要なことである。

なお、現場での不具合の切り分けや原因追及が難しく、対策方法も見えないような場合には、生産技術部門、情報システム部門、自社に配置した RFID システム技術専任者、あるいは現場での経験が豊富な RFID 機器メーカ、ベンダ、およびインテグレータに協力依頼をすることをお奨めする。

ユーザの現場とつながりが深い RFID メーカ、ベンダ、およびインテグレータはラインやシステムに RFID が導入された背景はもちろん、どのように活用されているのか、どのようなシステム設計がなされているのか等をよく理解しているため、可能であれば年間保守契約を結んでおくこともユーザにとっては安心材料の一つになるだろう。

第2章 技術的なポイント

本章では、RFIDを使用する際の技術的なポイントをUHF帯のRFIDを中心に説明する。

2.1 業界標準

UHF帯パッシブ型RFIDは複数一括読取り長距離交信の特長がある。そのため、交信範囲に侵入した他人のRFタグを読んだり、他人のアンテナに読まれてしまったりすることがある。そのため、アプリケーションが誤作動したり、他人のアプリケーションを誤作動させてしまったりするリスクがある。

それを防止するためには、全世界で共通のルールに従ってRFタグにデータを書き込む必要がある。共通のルールに従って書き込まれたデータであればアプリケーションはそのルールに従って自分に必要なRFタグのデータのみ取り出すことが可能となる。この共通のルールが「標準」である。データフォーマットはISOやGS1などの標準化団体が規定しているので、これらの標準に準拠した形式でRFタグにデータを書き込まなければならない。

標準の種類は複数存在するが、業界団体がどのデータフォーマットを使用するかを業界標準やガイドラインで決めている場合が多い(表 2-1)。

(表 2-1) 主な業界標準及びガイドライン

業界	標準/ガイドライン	説明
小売	EPC Tag Data Standard	
自動車製造 自動車部品製造	Global Returnable Transport Item Guideline Global Item Level Standard	ISO 1736x (JIS Z 066x)シリーズをベース
自動車タイヤ	ISO 2091x	
航空手荷物	IATA RP-1740C、RP-1754 EBP Implementation Guide	
図書館	ISO 28560	RFID in libraries
出版	EPC Tag Data Standard	
医療機器	AMDD	(一社)米国医療機器・IVD工業会

業界団体がデータフォーマットを決めていない場合には、主要取引先の属する業界のデータフォーマットを使用するか、または、汎用的に使用されることの多いJIS Z 066x規格群やGS1のデータフォーマットを使用することが賢明である。しかし、それぞれのデータフォーマットにはいくつかの制約があるため注意が必要である。

2.2 コード体系の決定

パッシブ型UHF帯のRFID (ISO/IEC 18000-63) では、メモリは「(表 2-2) ISO/IEC 18000-63 RFタグのメモリバンク」のように使用される。

(表 2-2) ISO/IEC 18000-63 RF タグのメモリバンク

バンク	意味	説明
MB00	RESERVED	ロック/キルパスワード等を格納する領域
MB01	UII / EPC	全世界で一意的 ID (RF タグ貼付対象物の ID) を格納する領域
MB10	TID	RF タグ (IC) 固有の ID (製造者 ID) 等を格納する領域
MB11	USER	ユーザデータを格納する領域

すなわち、RF タグの貼付対象物を示す ID を MB01 (UII/EPC メモリ) に、ユーザが利用したい ID 以外の付帯データを MB11 (USER メモリ) に書き込み、その ID およびデータ構造などは各標準で規定している。

USER メモリを使用するかどうかは採用する標準以前にそのデータを RF タグ内に書き込まなければならないかどうかを慎重に判断する必要がある。多くの場合、同じデータはネットワーク上に存在し、RF タグに書き込まれた ID をキーに参照・利用でき、RF タグにデータを書込む必然性はない。また、ネットワークと接続できないオフラインの状態では RF タグをデータキャリア的に使用する時には RF タグにデータを保存することは有効であるが、以下に例示するようなアプリケーションにおける課題を解決する方法も決定しておかなければデータの損失や不整合を引き起こし、役に立たないデータとなってしまう恐れがある。それを補完するためのアプリケーションを開発し、運用していくよりも、携帯電話網の活用やネットワークの敷設を行ったほうが安価でより良いシステムになる場合もある。

■RF タグにのみデータを置く場合

- ・RF タグの破損、紛失等によりデータそのものが消失する。
- ・ほとんどの場合、データの再発行ができない。
- ・RF タグを読み取らない限りデータ内容を確認できない。

■RF タグとネットワークの双方にデータを置く場合

- ・RF タグとネットワークのデータ内容がデータの、時間的に整合性がとりにくい。

また、パフォーマンス面でも USER メモリへのアクセスは UII/EPC メモリのみをアクセス対象とした場合よりも交信時間がかかることに注意しなければならない。さらに、JIS Z 066x 規格群を使用する場合には、そのデータフォーマットの特長によりパフォーマンスの低下は顕著である。RF タグを一括で読取るような場合はすべてのデータを読み終わる前に RF タグが通過してしまう場合もありうるため、USER メモリを使用する際には事前に使用するデータを書込んだ RF タグ及び読取りプログラムを使用して十分なテストを行い、運用に支障がないことの確認をすべきである。

どの標準を採用するにせよ、RF タグの選定はデータ構造 (データの中身と使用するデータフォーマット) を決定したのちに行わなければならない。さもないと、選択した RF タグのメモリ容量が足りずにデータを書込めなかったり、容量の大きい高価な RF タグを採用したりすることになる。もし、RF タグの選定をベンダやインテグレータを依頼するならば、必要とするメモリ容量を正しく伝えたいので依頼しなければならない。

同時にアプリケーションは、標準に準拠した形式でデータをエンコード/デコードするためのソフトウェア機能を必要とするため、開発費用としてあらかじめ見積もっておく必要がある。エンコード/デコード機

能を搭載したラベルプリンタやラベル発行ソフトウェア、ミドルウェア商品も市販されているため、これらを活用することも検討したい。またパッケージ商品としての提供はしていないが、すでにソフトウェアライブラリを開発しているインテグレータも多数存在している。その場合は一から開発するよりも低コスト、短納期で機能を実装できるというメリットがある。

2.3 標準の実装方法

2.3.1 JIS Z 066x 規格群の例

JIS Z 066x 規格群を使用する場合、一意の ID は JIS X 0532 規格群で規定する形式で ID を生成する。一意の ID に使用可能な文字種および文字数は JIS X 0532 規格群および JIS Z 066x 規格群で規定している。ID の構造を「(図 2-1) JIS X 0532 規格群で規定する ID の構造」に示す。

データ識別子 (DI)	発番機関コード (IAC)	企業コード (CIN)	シリアル番号 (SN)
<ul style="list-style-type: none"> ・データ識別子 (DI) : 特定の文字または文字列をいい、それに続くデータ内容が意図する用途を定義する。英数字による識別子で、ISO/IEC 15418、及び ANSI MH10.8.2 において定義されている。 ・発番機関コード (IAC) : 登録機関によって、一つの発番機関に割り当てられ、その発番機関を認識可能とし、その発番機関と区別する 1 つ以上の文字並び。 ・企業コード (CIN) : 発番機関によって、一つの識別者発行者に割り当てられ、その識別子発行者を認識可能とし他の発行者と区別する 1 つ以上の文字並び。 ・シリアル番号 (SN) : ある決まった個々の識別をするために割り当てられる、識別子発行者内で一意な文字並び。 			

(図 2-1) JIS X 0532 規格群で規定する ID の構造

世界中で一意の企業コードを ID に含め、シリアル番号を企業内で一意になるように決定すれば ID が必ず一意になる仕組みである。JIS X 0532 では複数の企業コード発番機関をサポートするため、「発番機関コード+その発番機関が発行する企業コード」の形式となっている。

データ識別子 (DI) は貼付対象物の種類を示すもので、25S ならば製品、25B ならばリターンブル輸送器材を意味する。JIS Z 066x 規格群を参照し、データ識別子を決定する。続いて、発番機関コード (IAC) を選択する。

JIS X 0532 規格群で使用できる発番機関のリストは AIM Inc. の Web サイト (<https://www.aimglobal.org/>) で確認することができる。なお、JIS X 0532 規格群で規定する ID の文字数には上限があり、かつ発番機関によって企業コードの文字数が異なることにも注意が必要である。選択する企業コードの文字数が多ければ、利用可能なシリアル番号の文字数が減ることになる。

「(表 2-1) 国内で使いやすい発番機関例」に日本でよく使われる発番機関の例を示す。

発番機関によっては企業コードの取得、貸与に費用が発生する場合がある。登録状況の確認等は各発番機関の Web サイトに記載されている。

(表 2-3) 国内で使いやすい発番機関例

発番機関	発番機関コード	文字数	補足
GS1 Global Office	0 ~ 9	9または 7	GS1 事業者コード 日本国内ではGS1 Japan が貸与
JIPDEC (財)日本情報経済社会推進協会	LA	6+6	標準企業コード® 上位 6 桁：企業識別コード 下位 6 桁：枝番
National Tax Agency Japan 国税庁	TAJ	13	マイナンバー企業コード
Duns & Bradstreet	UN	9	DUNS ナンバー (東京商工リサーチと提携)
Teikoku Data Bank, Ltd. (TDB) 帝国データバンク	VTD	9	TDB 企業コード

データ識別子、発番機関、発番企業コードが決定したら、企業内で一意になるようにシリアル番号の附番ルールを決定する。シリアル番号に使える文字には制約があり、現在使用しているコードをそのまま使用できない場合がある。

USER メモリのデータは、ANSI MH 10.8.2 で規定するデータ識別子とデータのペアで記述する。ANSI MH 10.8.2 は、データ識別子とそのフォーマット、使用可能な文字を規定している。最新版は米 Material Handling Industry (<https://www.mhi.org/publications>)より入手できる。なお、この ANSI MH 10.8.2 規格は、本来、ANS MH 10.8.2 とされるべきだが、ANSI のサイトで“ANS”を“ANSI”と記載しているため、本ガイドラインでは“ANSI”という表記に統一する。

次に、書込むデータが決定したら、JIS Z 066x 規格群に従って符号化すればよい。

なお、JIS Z 066x の文字コードセットは独自の 6 ビット文字コードセットを採用していることに注意を払う必要がある。一意の ID の文字数が 35 文字の場合、MB01 の UII/EPC メモリに必要なメモリサイズは $35 \times 6 = 216$ ビットということになる。

2.3.2 GS1 規格の例

GS1 の規定する一意の識別コードには EPC (Electronic Product Code) を用いる。GTIN (≒JAN コード) に代表される GS1 識別コードがシリアル番号を持たない場合、GS1 識別コードにシリアル番号を付加する構造となっている。「(表 2-2) 主な EPC」に主な EPC を示す。

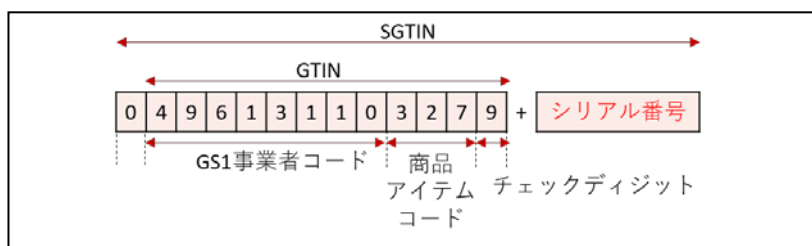
SGTIN を例にすると、標準コードは「(図 2-1) SGTIN」のように構成される。

GS1 事業者コードは GS1 の発行する事業者コードで、国内では GS1 Japan より貸与を受けることができる。これを Tag Data Standard に記載された方法でバイナリデータに変換し、RF タグに書込む。尚、EPC の種類によって使用できる文字が異なり、それによってデータサイズが異なることも注意すべき点である。例えば、同じ SGTIN であってもシリアル番号が数字のみの場合には 96 ビット(SGTIN-96)、GS1 総合仕様書によって許可された英数字を含む場合には 198 ビット(SGTIN-198)となる。製造業で使用するにあたっては、シリアル番号およびとして使用可能な桁数が不足しがちなことに注意しなければならない。部品や製品の EOL よりシリアル番号をサイクリックに使用するなどの工夫が必要になる場合が多い。少量多品種で製品

を展開する企業や内作部品点数の多い企業では、商品アイテムコードの数や部品番号が足りなくなることもある。

(表 2-4) 主な EPC

対象物	GS1 識別コード	EPC
モノ・製品	GTIN (Global Trade Item Number ≒ JAN コード)	SGTIN (Serialized GTIN)
場所	GLN (Global Location Number)	SGLN
輸送・梱包	SSCC (Serial Shipping Container Code)	SSCC
資産	GRAI (Global Returnable Asset Identifier)	GRAI
	GIAI (Global Individual Asset Number)	GIAI
サービス	GSRN (Global Service Relation Number)	GSRN
ドキュメント	GDTI (Global Document Type Identifier)	GDTI
クーポン	GCN (Global Coupon Number)	GSCN
部品・構成品	CPID (Component / Part Identifier)	CPID



(図 2-2) SGTIN

複数の GS1 事業者コードの貸与を受けることも可能であるため、その場合、GS1 Japan に相談することが望ましい。また、GS1 ではシリアル番号は意味を持たない連番としている。多くの製造業では工場ごとに ID 体系を管理しており、全社一律の ID 体系を規定することが困難である場合が多い。

USER メモリのデータは、ANSI MH 10.8.2 で規定するアプリケーション識別子とデータのペアで記述し、Packed-Objects フォーマットでデータを格納する。

2.4 100%読めない場合の対処

RFID はその特性上、周辺の環境の変化や RF タグの貼付方法の少しの違いなど様々な要因で、すべての RF タグを 100%読取ることができない場合がある。そのため、RFID は 100%読取ることを保障する夢の技

術ではないことを認識したうえで、読取ることができなかった時の運用・対処方法を決定し、利用していくことが重要である。読取り率が低すぎるのも問題であるため、読取り成功率を指標として定め、精度を求めていくことももちろん重要であるが、それに拘泥しすぎて本来進めるべき業務改善と異なるベクトルで読取り精度を追求しすぎるのも本末転倒である。

また、RFIDには「RFタグが存在したが読取ることができなかった」ことを検知する機能はないため、アプリケーションはRFタグが存在しなかったことと読み落としたことを区別することができないことに注意が必要である。読み落としたことを検知する作業はアプリケーションの仕事である。

■作業による読み落とし検知

目視情報にて読み落としたことを通知する機能をアプリケーションに実装することは有効な手段となりうる。例えば、あらかじめ読取らせるRFタグの一覧がわかっている場合、表示器に予定リストを表示し、読取ったら消し込んでいくアプリケーションを作成すれば、作業者は読み落としたRFタグが認識できるので目視で探し、再度読取らせる、データを手入力する等の適切な対処を行うことができる。その他、ブザーや回転灯などを使用・併用することも有効である。

■読み落としたことの無視

アプリケーションによっては読み落としても無視してよい場合がある。読み落としても再度読取らせる作業を行わず、次の工程で読取られたら前の工程でも読取っているとみなすことのできる場合がある。完全に読取ることができることが最適ではあるが、仮に読み落とした場合に、導入目的と照らし合わせ、必ず必要なデータであるのかどうかを見極めることも重要である。

例えば、製品の着手位置と完了位置にアンテナを配置し、データを取得、原価計算を目的に使用するシステムであったとする。もし、一方のデータが取得できなかったとしても、そのデータには標準作業時間を適用することができるかもしれない。読取れなかったことを検知し、作業者に手動で読取らせたり手入力をさせたりする仕組みを作り、運用を定着させることに必要なコスト、労力を考えると割り切ることも1つの選択肢である。

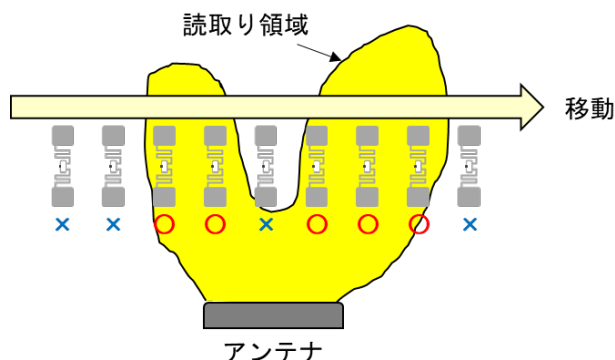
また、部品在庫の棚卸のケースでも無視できる可能性がある。棚卸にRFIDを使用する最大のメリットは1回の棚卸作業に費やす工数を大幅に削減できることである。それを生かして今まで月に1回行っていた棚卸作業を毎週実施し、さらにアプリケーションは連続して4回読取られなかったら在庫差異が生じているとみなすという手段がある。単純な確率計算では、読み落とし率5%のRFタグを4回連続して読み落とす確率は0.000625%である。もちろん、読み落とす原因によっては単純計算してはならないが、手作業による月1回の棚卸作業も100%の精度を達成できるわけではないので、RFIDによる1回の棚卸作業で夜読み落としても無視してよいかもしれない。さらに、論理在庫と実在庫の差異を発見するまでの期間が最大2か月から5週間に短縮できるという状況にメリットがあるかどうかとも考慮すべきであろう。

なお、RFIDの扱いに長じたインテグレータは、対処方法に関する豊富な知見を持っていることが多いため、提案を求めることも有益である。

2.5 読取りデータの重複に対する考慮

RFIDが100%読み取ることができない場合があることについては前項で述べたが、同一のRFタグが複数回読取られる場合があることも考慮しなければならない。

一例として、「(図 2-2) 重複データの通知」のように定置型のアンテナの前を RF タグが通過する場合があります。アンテナ前を通過したことをアプリケーションで処理したい場合、必要なデータ数は1つでよいが、この例では、連続しない時間で同一のデータが5回読取られることになるため、システムとして重複データの削除処理を行う必要がある。



(図 2-3) 重複データの通知

また、複数台のアンテナを使用する場合、RF タグからの応答が複数のアンテナで読取られることがある。

データの重複による問題を解消するためには次の方法が考えられる。

(1) RFID のセッション機能の使用

パッシブ型の UHF 帯の RFID の場合、「セッション」という機能があり、1 度応答した RF タグをしばらく応答させなくすることができる (表 2-1)。ただし、セッション機能には応答しない条件が存在し、読取らせ方によっては期待した結果とならずに複数回読取られてしまうことがある。

(表 2-5) セッション機能の動作概念

セッション	動作概念
S0	RF タグの IC が起電中 1 回応答する
S1	RF タグの IC の起電かわかわらず、約 500 ミリ秒～5 秒に 1 回応答する
S2、S3	RF タグの IC の電源が OFF になった後、最低 2 秒後に応答できるようになる

(注記) 本説明は、一般的に使用されることの多い「リーダライタでインベントリフラグ A を読取る場合」の動作の概念であり、実際のセッション機能の動作ではない。詳細は「3.2 インベントリフラグとセッション機能」に記載する。

(2) ミドルウェアでの対処

リーダライタで読取ったデータのうち、重複するタグデータを削除する機能を内蔵したミドルウェアも市販されており、この機能を搭載したミドルウェアを使用することで簡単に重複データを削除することができる場合がある。なお、この機能の名称は統一されておらず、削除できる条件もメーカーによって異なるため、メーカーやインテグレータに確認する必要がある。

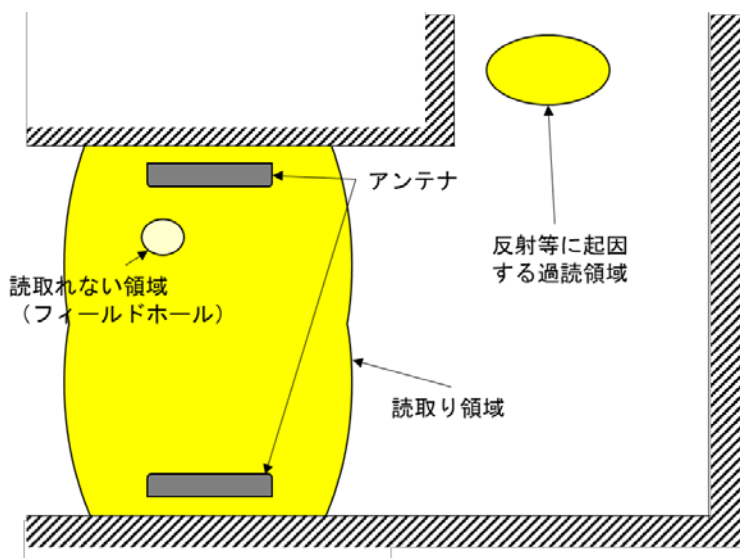
(3) アプリケーションでの対処

セッション機能やミドルウェアは、一般的に時間や読取ったリーダライタなど一定の条件下での重複データの削除機能を有するが、その条件設定がアプリケーションの要件と完全に一致するとは限らない。

そのため、アプリケーションの処理量やネットワークの余分なトラフィックを削減するために、(1)、(2)と併用することが望ましい場合が多い。

2.6 読みすぎ

UHF帯のRFIDは、交信距離が長い特性があるが、その反面、本来読取りたくない場所のRFタグを読み取ってしまうことがある(図2-4)。

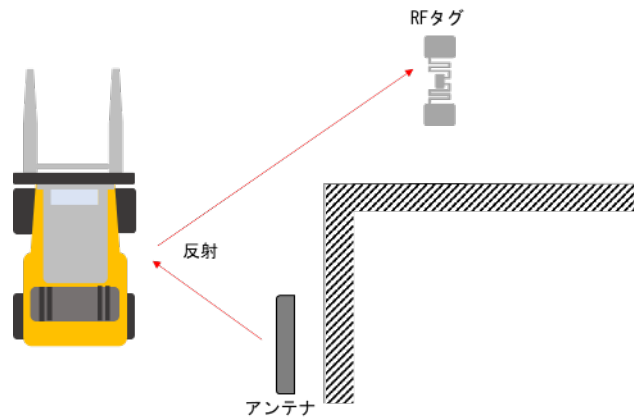


(図 2-4) 実際の読取り領域

読みすぎる原因は主に、電波出力が強すぎるものの他、ある特定の場所の電波が反射・干渉によりその合成波が自由空間では読み取ることができないほど強くなっていることに起因する場合が多い。

この場合は、誤って読取ってしまう場所を計測・特定し、その範囲内にはRFタグを置かずに隔離する運用とする、隔離できない場合、金属板等で電波を遮蔽する等の処置を行う必要がある。

また、特に定置式のアンテナを使用して読取りゲートを作り、通過するRFタグを読取る場合、ゲートを通過する物体によっても電波の反射、吸収などの現象が発生することに留意しなければならない。フォークリフトや台車、ハンドリフトなどの運搬器具は金属を使用しているものが多く、運搬器具によって電波は反射し、また、RFタグを貼付した管理対象物が金属製のものであった場合には、管理対象物そのものによって反射する。そのため、何も無いところでは読取らないように出力を調整しても、実際に使用しはじめると別のところで読取ってしまうという状況が発生する(図2-5)。



(図 2-5) 運搬器具による反射

遮蔽、隔離といった物理的な対策のほか、前項で記載したようなアプリケーションによる対処も検討すべきである。入庫業務を考えた場合、同一のものが2度入庫されることがなければ、出庫されるまで何度読み取ってもアプリケーションでデータを削除すれば、問題は発生しない。一方で、入出庫を同一のリーダー、アンテナで実施する場合には、倉庫内にあるRFタグを読みすぎてしまったのか、出庫のために読取ったのかをデータから判断することは難しい。その際には、読み落としの対策同様、出庫予定データと照合し、手作業によるデータのキャンセルなどの機能を実装することで対策をしなければならない。

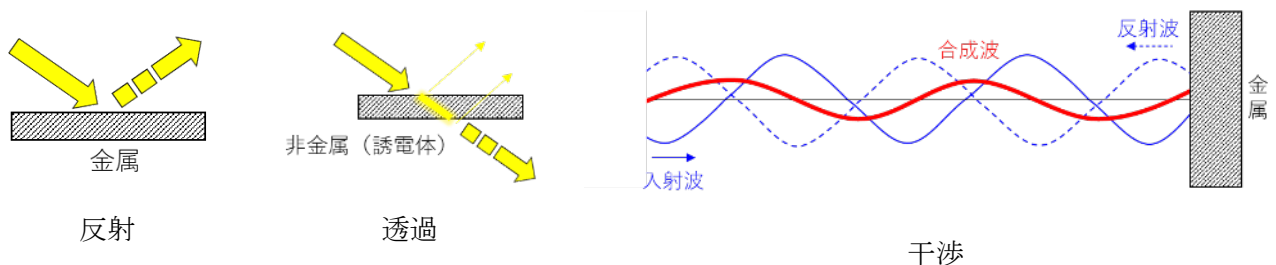
2.7 反射・干渉

電波は、「反射」「吸収」「回折」「屈折」「透過」「干渉」「減衰」する、という特性を持つ。この特性により、RFタグがアンテナの至近に位置し、一見読取ることができそうな位置関係であっても読取ることができなったり、その反対にアンテナから遠く離れたRFタグを読取ってしまったたりするなどの現象が発生する(図 2-6)。

電波の反射は一般に金属によるものが良く知られているが、目に見える金属物だけではなく、床や壁、導電性コンテナなどによっても発生することがあるので注意が必要である。

このような場合は以下のような対処が効果的である。

- ・遮蔽する
- ・反射しそうなものを置かない
- ・タグを金属から離す
- ・アンテナ間の距離をあげ、チャンネルを変える



(図 2-6) 電波の反射・透過・干渉

2.8 複数台のアンテナを使用する場合の考慮

1台のリーダライタに複数台のアンテナを接続して使用する場合、

- ・複数のアンテナから同時に電波は出さない
- ・交信時に送信アンテナと受信アンテナが同じであるとは限らない
- ・リーダライタはシングルタスクで動作する

ことに注意を払う必要がある。また、電波の遮蔽もすべてのアンテナに対して考慮しなければならない。特に、1つの読取りエリアとして構成するのではなく、アンテナ毎に読取りエリアを分ける構成にする場合には、リーダライタの台数にかかわらず読取りエリア単位での電波の遮蔽等の対策が必要になる。そのため、ベンダに調整を依頼する場合には読取りエリアの数分の費用が発生することになる。

2.8.1 電波に関する注意事項

複数アンテナから同時に電波を出すことができないため、アンテナ別に用途を分けて使用する場合には電波を出さないタイムラグが生じる。一回の読取り枚数が多い場合や、RFタグのデータ量が多い場合には1台のアンテナが占有しなければならない時間が長くなる。その間、他のアンテナは電波を出さない状態となる。異なる場所にアンテナを設置する時など、読み落としやレスポンスの悪化といった現象を引き起こす。

2.8.2 アプリケーションの注意事項

リーダライタはシングルタスクで処理を実行するため、同時に複数の読取りコマンドを受け付けることができない。また、セッションの設定やタイムアウト時間に代表される、リーダライタに与えるパラメータもコマンドに対して1つとなり、例えばアンテナごとに別のタイムアウト時間を指定することはできない。2台のアンテナをRFIDゲート用に、1台のアンテナを近接読取り用（タッチ式）として使用する場合のことを考える。読取りアプリケーションは次の2種類が考えられる。

- (1) ゲート用のコマンドと近接読取り用のコマンドを順番に送る。
- (2) 全てのアンテナで読取るコマンドを送信し、受信データによってデータを処理する。

(1) で読取りアプリケーションを実装する場合、各々の機能で最適な読取りパラメータで読取ることができるメリットがある反面、処理中は電波を出さないため、その間は全く読取ることができない。1つ目のコマンドはその応答を待って次のコマンドを送らなければならないため、ネットワークやアプリケーションの処理時間も読取りができない。

(2) で実装する場合、電波は常にどれかのアンテナで出すことはできるが、パラメータが最適とはならない場合がある。例えば、RFIDゲート用のアプリケーションは比較的長めのタイムアウト時間を設定し、多くのデータを読ませることが有効な場合があるが、近接読取り用はタイムアウト時間を長く設定しすぎるとレスポンスの劣化を生じやすい。セッション機能を活用しなければならない場合にはよりシビアであり、両立できない場合もある。

リーダライタの台数を増やすことはコストを増加させることにつながるため、1台のリーダライタに多くのアンテナを接続したくなるが、使い方によっては効果的ではないことに注意しなければならない。

2.9 複数台のリーダライタを使用する場合の考慮

1 台のリーダライタに複数台のアンテナを接続した場合に、同時に電波を出さないことは前述したが、複数台のリーダライタを使用した場合、それぞれのリーダライタは独立して電波を出すことになり、干渉を引き起こすことになる。この電波干渉の影響を軽減するための機能として、LBT (Listen Before Talk) とチャンネルがある。チャンネルはテレビやラジオのチャンネルと同じで、周波数の違いである。RFID で使用するチャンネルは電波法によって規定されており、リーダライタごとに違うチャンネルを使用することで混信を防ぐことができる。LBT とは電波を出す前に使用されている周波数を調べ、その周波数が使われていないことを確認してから電波を出す機能である。ほとんどのリーダライタは、LBT 機能のありなしにかかわらず、使用するチャンネルを指定することができる。使用可能なチャンネルは電波法によって規定されているため、リーダライタの数量が増えれば増えるほど干渉の抑制には気を付ける必要がある。

(1) LBT なしの場合の注意点

LBT 機能を使用しないリーダライタを近接して設置する場合、同一のチャンネルを使用すると混信するため、チャンネルを分けて使用するべきである。電波は通過する物質によって周波数のずれが生じることがあることも考慮しなければならない。また、同一の周波数を使用すると電波が増幅されてありえないほど遠くの RF タグを読取ってしまったたり、近くの RF タグをなぜか読み落としたり、という、一見不可思議な現象を引き起こす。

(2) LBT ありの場合の注意点

LBT ありの機器の場合、チャンネルに空きがなければ空くまで待つことになる。リーダライタが密な環境で使用するとチャンネルがすべて埋まってしまい、使用できない時間帯が生じることがある。LBT で聞いている電波は交信可能かどうかとは関係がなく、電波を受信できれば使用されているとみなす。

ハンディリーダライタをたくさん使用する環境などでは、使用時に空きチャンネルがないと電波を送信することができなくなるため、機器の台数が問題ではなく、以下のように同時に使用する台数から利用の可否を判断し、これを考慮した設計を行わなければならない。

- ① ボタンを押せばなしの時だけ電波を送信する
- ② ボタンを押すと電波を送信し、もう 1 度押すと停止する
- ③ 常に電波を出し続ける

の 3 つの方法ではチャンネルの占有時間が異なることは明らかである。特にハンディリーダライタに搭載するアプリケーションに②を採用する場合、停止し忘れることによりチャンネルは占有され続けることにも注意すべきである。

さらに、リーダライタを制御する側のソフトウェアの開発も考慮しなければならない。製品の搬入口が複数あり、データとしては同じ搬入を定義するなど、複数のリーダライタを 1 つの読取り位置として定義する場合がある。ソフトウェア開発者はこのような場合を考慮して設計を行う必要がある。RFID ミドルウェアの中には複数のリーダライタを束ねられる製品もあるため、その採用も考慮すべきであろう。

2.10 読ませ方のこつ

2.10.1 読取りデバイス（リーダライタおよびアンテナ）

リーダライタおよびアンテナは様々なメーカーの商品が販売されており、それぞれ特性が異なる。読取りデバイスを選択する最も重要なことは、実際に交信できるかどうかはカタログからは判断できない、ということである。

例えば、カタログスペック上では同じ出力 1W のリーダライタで、利得 8.5dBi の円偏波のアンテナを使用しても同じように使用できるとは限らない。そのため実際に使用する予定の機器を使用してテストを行う必要がある。特に、ハンディタイプのリーダライタと定置式リーダライタの差は大きく、ハンディリーダで読取れたからといって定置式アンテナで同じように読取ることができるとは限らない。

リーダライタとアンテナの分離型の装置を使用する時には同軸ケーブルの特性やケーブル長も重要であり、ケーブルによる減衰を考慮に入れることを忘れず、本番で交信できないといった事象が発生する。

テストを実施した際には使用機器、設置環境、リーダライタのパラメータなどすべての情報を記録し、保管しておくことを忘れてはならない。実運用で交信性能に変化が生じた際にテスト時と比較し、変化点を見つけることで運用後の不良に対する対処が容易に行えるためである。

また、特にハンディリーダを使用する場合、読取らせ方が運用の許容範囲であるかということも検討すべきである。例えば、特定小電力のリーダライタを想定していたが、希望する交信距離が得られないことがある。この時に、高出力のリーダライタに変更することも解決策の1つではあるが、1歩近づけば、手を伸ばせば読取ることができることもあるため、現場の運用と照らし合わせて検討する価値は十分にある。同様に定置式アンテナを使用する場合でも、導線を少し変更することで安定した読取りを実現できる可能性は大いにある。

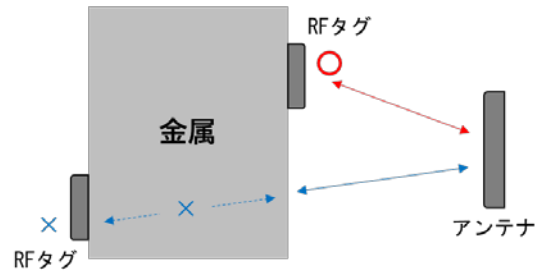
2.10.2 RF タグ

リーダライタ、アンテナの機種も重要であるが、それ以上に交信性能に影響を与えるのが RF タグである。RF タグの性能に関しては製造業者によって試験環境や試験方法が異なるため、単純にカタログで比較することはできない。

RF タグは RF タグそのものの性能もちろん重要であるが、RF タグを貼付する対象物の材質や貼付方法に大きく左右されることを忘れてはならない。UHF 帯の RFID では金属に代表される導電性物質や、電波を吸収する水による影響が良く知られている。そのため、実際の運用で想定する状態で RF タグを貼付してテストを行わなければならない。

(1) 金属に貼付する場合

金属や導電性の物質に RF タグを貼付する場合には、RF タグを金属面から離して貼付するか、金属対応の RF タグを使用すべきである（図 2-7）。金属対応の RF タグには金属に接触した状態で貼付しないと性能を発揮できない製品もあるため確認が必要となる。また、電波は金属により遮断されるため、金属裏面から読み取ることができないケースがほとんどである。（裏面からの読み取りが可能な製品も市販されている）読取り側のアンテナと RF タグの位置関係を考慮した読み取り環境を必要とする。



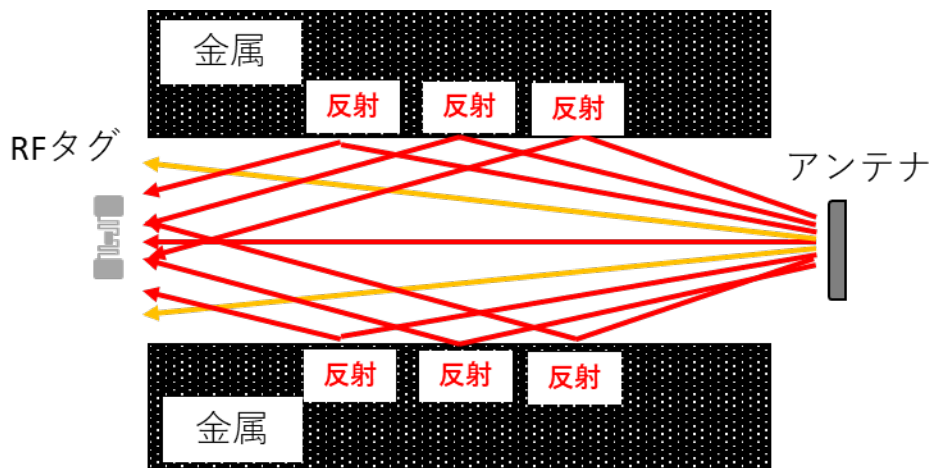
(図 2-7) 金属面へ貼付した RF タグとアンテナの位置

(2) RF タグを近接して使用する場合

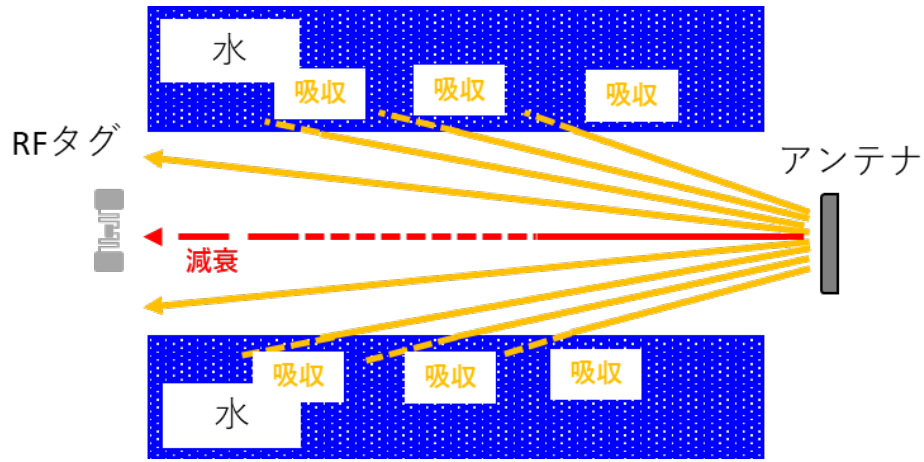
複数の RF タグを重ねて使用したり RF タグ同士が近接したりする場合、RF タグ同士が干渉し通信できなかつたり通信性能が著しく劣化したりする。そのため、RF タグとの間隔を十分に確保する必要があるが、管理対象物が書類等の薄いものであるなど、距離を確保することが困難である場合がある。このような場合には、重なった状態でも比較的影響を受けにくいように設計された RF タグも市販されているため、それらを選択するとよい。一般的には「積層タイプ」、「積層タグ」などと呼ばれる。

(3) 水を含むものに貼付する場合

水性塗料などの水分を多く含むものに RF タグを貼付して使用する時には注意が必要である。水は電波を吸収する特性があり、UHF 帯の RFID に与える影響は大きい。ここで注意しなければならないのは、(図 2-8) に示す金属の「反射」に対して「吸収」という特性であることである。直接 RF タグを貼付すると性能を発揮できないことには変わりはないが、反射によって読取らせるようなことができない。(図 2-9) 水の特性の例は、金属面の反射によって電波が RF タグに到達するため読取る可能性があることが、また、水を吸収すると読取る可能性がより低いことを示す。



(図 2-8) 金属の特性の例



(図 2-9) 水の特性の例

また、RFID を現場で使うに当たっては、人は水分の塊であることを忘れてはならない。アンテナと RF タグの間に人が入る状態になると読取ることができない場合が多い。

(4) 種類が異なる RF タグ

種類の異なる複数の RF タグを混在させて使用したい場合にはより一層の注意が必要である。例えば、貼付する対象物の大きさが異なる場合や、対象物金属製品とプラスチック製品の 2 種類がある場合、それぞれの対象物によって異なる RF タグを使用したくなる。また、今まで使用していた RF タグの生産が終了し、異なる RF タグを使用しなければならなくなることもありうる。しかし、RF タグは商品によって交信特性が大きく異なるため、電波の調整がうまくいかず、使用できないかもしれない。同一のリーダライタおよびアンテナを使用して、どちらの RF タグも読取ることができ、かつ読取り範囲が適正となるような調整を行うことは RFID システムの実装に長けたサプライヤであっても調整が難しいことが多い。

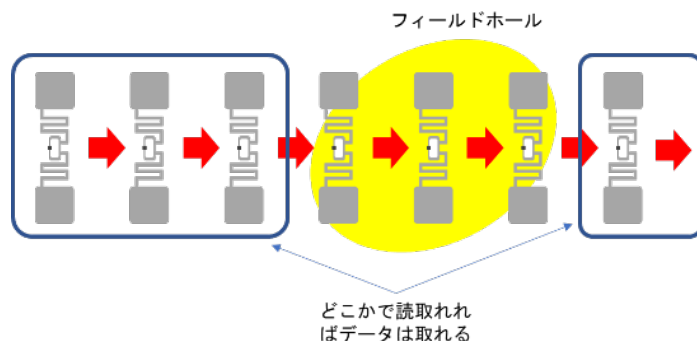
(5) RF タグの交信性能の劣化

RF タグは使用を重ねると商品購入時に比べて性能が劣化する。劣化具合は商品そのものや使用環境によって異なるため一概に何年で何%劣化するということとはできないが、交信可能距離が短くなることを想定していくことが肝要である。リーダライタの出力上限値 (30dBm) でぎりぎり読取ることができるような構成をしてしまうと、性能の劣化した RF タグは読取ることができないということになる。その場合、既存の設備では対応できないと異なり、システムの構成をやり直すか、RF タグを新品に買い替えなければならなくなる。RF タグの交信性能が劣化しても使用することができるように余裕を持った電波のチューニングが必要である。この調整技法はサプライヤによっても異なるため、事前のテストなどを依頼する際にはレポートを要求し、「余裕度」とみられる指標が組み込まれていることを確認するべきである。

2.10.3 フィールドホール対策

アンテナ前のある特定の位置にフィールドホールが発生し、読取ることができない場所が生じてしまった場合には、電波の反射条件を変えてフィールドホールを取り除くことも 1 つの有効な手段ではあるが、これを無視する運用ができないかを先に検討すべきであろう。例えば、定置式のアンテナを使用する場合、一定の箇所に RF タグが停止した状態で読取らせるのではなく、「(図 2-10) フィールドホール対策の例」に示

すように RF タグを動かしながら読み取らせることができれば移動中のどこかで読み取るため、途中でフィールドホールが発生していても何ら支障はない。



(図 2-10) フィールドホール対策の例

2.10.4 交信時間

RFID の特長の 1 つに、複数枚の一括読取りがあるが、複数の RF タグとリーダライタが同時併行で処理されるものではなく、実際にはアンチコリジョン機能を使用して混信しないように 1 枚ずつ交信している。そのため、1 度に交信する RF タグの量が多くなればなるほど必要な交信時間も伸びるので、すべての RF タグとの交信を終える前に RF タグが読取り可能な場所を通過してしまい、読み落としとなる場合がある。これらの対処は、移動速度を落とすか読取り範囲を広げるかの選択となる。

また、交信時間はデータフォーマットおよび読取り領域の影響を受ける。

エアインタフェースは、SELECT→INVENTORY→ACCESS のコマンド順にて交信を行うが、INVENTORY コマンドの応答には MB01 の情報を含む。そのため、ID のみを読取りたい場合には SELECT→INVENTORY のコマンドで必要なデータを高速に読取ることが出来るが、USER メモリを読取る場合には ACCESS コマンドも必要とするので読取りに時間がかかる。

さらに、JIS Z 066x 規格群の USER メモリで採用する No-Directory 方式は、データの格納アドレスを求めするために複数回の ACCESS コマンドを発行しなければならない。

そのため、通過時に読取ることができるかどうかのテストを行うためには、使用する規格とデータフォーマット、挿入されたデータをあらかじめ決定し、そのデータを書込んだ RF タグおよびテストプログラムを用意する必要がある。

JIS Z 066x 規格群の USER メモリのフォーマットは「(図 2-11) JIS Z 066x 規格群の USER メモリのデータフォーマット」のようになる。実際に格納されているデータのサイズは「データバイト数インジケータ」で表現され、この領域のサイズは可変長である。さらに、Access コマンドで指定するメモリ領域が RF タグの物理的に持つメモリ領域の範囲を超える場合、エラーが返されるため、大きすぎるメモリ領域を指定してもデータを得られないことがある。したがって、Access コマンドを何度か発行し、データバイト数インジケータに格納された値を判定した上で最終的にデータ取得のためのアクセスをし、データを取得する必要がある。

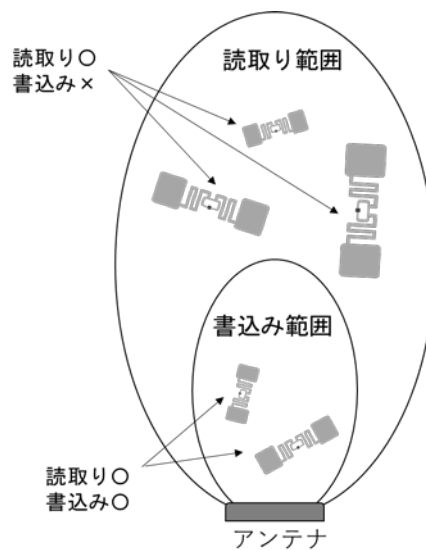
また、「ディレクトリなし」の示す通り、データの格納されたアドレスを求めるための「ディレクトリ」を持たないフォーマットであるため、アプリケーションが 1 つのデータ（例えば、製造年月日だけ）を欲しい場合でもすべてのデータを読取った後でそのデータを探さなければならない。



(図 2-12) 読取りと書き込みの通信範囲

2.11.2 書き込みアプリケーションの処理シーケンス

書き込みアプリケーションの作成においては、通信範囲内に複数の RF タグが存在することを想定し、データを書込む際に RF タグを指定して書き込みを行う必要がある。通信範囲内の複数の RF タグに同じデータを書込む場合でも、読取りと書き込みの通信距離が異なるため、収集した RF タグの中に書き込みに失敗する RF タグが発生しうる。また、通信範囲内に想定しない RF タグが侵入した場合にその RF タグのデータを更新してしまうリスクがあるため、アプリケーションはどの RF タグにどのデータを書込んだかを知る必要がある (図 2-13)。



(図 2-13) 書き込み時に想定する状態

また、アプリケーションは RF タグに正しくデータを書込むことができたことを検証することが望ましく、書込んだデータを再度読取り、アプリケーションでベリファイをすることは有効である。

2.11.3 処理時間

2.9.2 に記述した通りの処理を行うと、読取りに対して大幅に時間がかかることがわかる。処理時間はデータの量にも大きく依存し、書込むデータ量や RF タグの数量が多くなればそれだけ多くの時間がかかる。そのため、移動中の RF タグに対して書込む処理を行おうとすると処理中に RF タグが交信範囲から離脱し、書き込みができないことが起こりうる。RFID はゲートを設置し、移動中の複数の RF タグを一括で読取る運用のイメージが強いと思われるが、同じように書込みができるわけではない。ゲート前で書込みが終了するまで移動を停止するなどの処置が必要になり、手動で搬送を行う場合には作業者にストレスとなることに注意すべきである。

2.11.4 データフォーマットによる書込み時間の相違

JIS Z 066x シリーズで採用するデータフォーマットでは、ユーザメモリに 1 文字追加するだけでもメモリ内のすべてのデータを読取り、すべてのデータを書込まなければならない。「(図 2-11) JIS Z 066x 規格群の USER メモリのデータフォーマット」に示すように、使用するデータのサイズによってデータの書込まれるメモリの位置が変動するためである。そのため、RF タグに履歴を追記していくような使い方をする場合でも、追記する分のデータだけでなくメモリ内のすべてのデータを読取り、書込みする必要がある。このことは単位 RF タグあたりの処理時間が長くなることを示す。

2.11.5 データ単位

RFID でデータを書込むデータの単位はエアインタフェースによって異なる。本書で主に記述する ISO/IEC 18000-63 (EPC C1G2) では 1word (= 2byte = 16bit) 単位であり、ISO/IEC 15963 ではブロック単位で処理を行う。例えば、ISO/IEC 18000-63 の RFID にて英数 9 文字のデータを ASCII 文字コードで書込む場合、書込むデータサイズは 9byte であるが、RFID の書込み単位は word であるため、10byte (5word) 分のデータの書込みが必要となる。そのため、どこかで 1byte 分のデータを補完する必要があるが、異なる意味を持つデータが直後に書かれていた場合、補完したデータによって 1byte 分上書きされ、データが異常にならないように注意しなければならない。

ここで注意しなければならないのは、リーダーライターやミドルウェアのデータ書込み用の API がエアインタフェースの仕様と必ず一致するとは限らないことである。たとえば、ISO/IEC 18000-63 に適合した RF タグの書込みに対応したリーダーライターやミドルウェアに対して、奇数バイトのデータのデータ書込み命令を行った場合に書込み処理を行わずにエラーになる製品と書込み処理を実行できるがある。後者の製品を使用する場合、リーダーライターまたはミドルウェアが半端分の 1byte の処理仕様をアプリケーション開発の前に確認しておく必要がある。製品が RF タグに書かれたデータを一度読取り、書かれていたデータで補完する機能を有する場合には問題は発生しないが、Null などの RF タグに保存されていたデータ以外のデータを補完してしまう場合や、前者の製品を使用する場合にはこれらの処理をアプリケーション上に実装する必要が生じ、開発規模および書込み実行速度に影響を与える。さらに、このデータ処理は「正常終了」となることも忘れてはならない。実装を誤ってしまい、1byte 分のデータが誤った値で上書きされた場合でも書込み処理が完了していれば「成功」が返され、データをもう 1 度読取りベリファイするまでアプリケーションは検知できず、データが不正になってしまったこと検知できなくなる場合が発生する。

2.11.6 書込み時の電力

多くの場合、RF タグのメモリ素子はEEPROM を使用しているが、EEPROM にデータを書込むためには既定の時間、規定の電圧をかけ続けなければならない。有線で電力を供給する場合には製造不良がない限り発生することは稀であるが、RFID のように無線により電力を供給する場合には電圧または時間が不十分と状態で処理される場合がある。この時に書込まれたデータは時間とともにデータが不定となる状態になる現象が発生する。すると、特定のビットを 1 として書込んだ場合に、RF タグからの応答が 1 になったり 0 になったりし、正しくないデータとなってしまう「ビットフリップ」と呼ばれる現象を引き起こす場合がある。

ビットフリップが発生する頻度やエラー補正の実装は IC によって異なるが、データ書込み直後にベリファイを行った際には正常でも時間の経過とともに発生するようになる。RFID では書込み時の電力不足によって発生することがほとんどであり、マッチングの取れた専用の RFID プリンタで書込みを行った場合には考慮する必要もないといえる。しかし、定置式のアンテナやハンディリーダーライタで書込みを行う運用の場合には書込み時に書込み可能なぎりぎりの交信距離・交信時間で処理を行うとビットフリップが発生する可能性があるため、エラー補正機能の優れた IC を使用するか、書込み時に十分強い電力で書込むような運用とするか、またその両方を行うことが望ましい。

2.11.7 エラー処理時の注意点

書込み処理が失敗した場合にはリーダーライタやミドルウェアからエラーが返される場合が多いが、RFID の書込み処理においてはエラー応答内容から RF タグのデータの状態を認識できない場合がある。

例えば、移動中の RF タグにデータを書込むなど、安定しない電波環境で書込み処理を行うときに、処理の途中で書込みに必要な電力を失い、処理が失敗することがある。書込みアプリケーションはリーダーライタやミドルウェアからのエラー応答により処理に失敗したことがわかるが、RF タグはトランザクションを持たないためメモリ内のデータ途中まで処理されたがその後エラーすることがあり、どこまで成功したかはわからない場合がほとんどである。つまり、10byte のデータ書込み命令を発行した場合、8byte 分書込まれて 2byte 分書込まれなかったのか、2byte 分書込まれて 8byte 分書込まれなかったのか、まったく書込まれなかったかはアプリケーションが応答コードから判別することは困難である。

また、RF タグが書込み処理を行う際の動作仕様は公開されておらず、製品によっては書込み対象のブロックのメモリを一度 0 にセットしたのちに必要なビットのみ 1 をセットする実装をすることができる。したがって書込みエラー時のデータ修復単位はブロックやワード等の書込み単位でなければならない。また、2.11.5 に記述したように正常終了が応答された場合でもデータが不正になることも、2.11.6 に記述したように書込み後にデータが不正になることも発生し得る。

2.12 リーダライタ制御アプリケーション

2.12.1 定置式リーダーライタ制御アプリケーションの実装

RFID リーダライタは機種によって特性が異なり、利用環境や利用用途によって使用したい機種が複数になることがある。例えば、製造工程の実績収集にアンテナ内蔵型の低出力のリーダーライタを使用し、完成品の出荷にアンテナ分離型リーダーライタで定置式の RFID ゲートを構成する、という用途である。

この時には、リーダーライタを制御するソフトウェアを考えておく必要がある。リーダーライタを制御する API は製品によって異なる。

GS1 ではリーダーライタの通信プロトコルである LLRP (Low Level Reader Protocol) を規定しているが、製品によってコマンドの実装に差が発生している。そのため、LLRP をサポートするあるリーダーライタ向けのプログラムを作成しても、他の LLRP 対応リーダーライタでは使用できない場合も多い。また、リーダーライタ専用のコマンドを LLRP でラッピングするだけの実装も多く、同じリーダーライタを使用しても専用 API で通信するときと LLRP で通信するときでパフォーマンスが異なる場合もある。つまりリーダーライタの機種によって API はすべて異なると思われるべきであり、採用する機種分の制御プログラムが必要となる。

この課題を解決するためには、

- ① リーダーライタを 1 機種に統一する
- ② 制御プログラムを複数開発する
- ③ RFID ミドルウェアを導入する

ことが考えられる。

①の場合、利用者（操作者）がストレスを感じないように読取り（書込み）が問題なく実施できることが前提となるが、さらにリーダーライタ装置のコストも課題になることが多い。多くの場合、ゲートを構成するリーダーライタ装置に統一するが、低出力のリーダーライタと比較すると金額が高めに設定されていることが多く、台数によってはネックになることがある。

②の場合、ソフトウェア開発者は複数のデバイスの技術を習得した上でソフトウェアを実装する必要があるが、その費用はソフトウェア開発費に転嫁される。また、ソフトウェア技術者の維持という課題もある。

①はハードウェアに、②はソフトウェアにコストを寄せる方法であるが、③のミドルウェアの採用も考慮するべきであろう。多くのミドルウェアはリーダーライタの API を使用した制御プログラムを必要とせず、設定のみで読取ったデータをリレーショナルデータベース等のビジネスアプリケーションへ通知する機能を有する。そのためビジネスアプリケーションの種類とデータ構造を決めておけば、それに対応可能なミドルウェアを選択し、導入することでこの API の問題を回避することが可能になる。ミドルウェア製品には複数のリーダーライタ製品を制御できるものもあるため、その中からデバイスを選択することも手段の 1 つである。

2.12.2 ハンディリーダーライタ制御アプリケーションの実装

ハンディリーダー用を使用する場合、その機種により採用する OS やアプリケーション開発環境が異なるため、機種ごとにアプリケーションを開発する必要がある場合が多い。

Android OS 等を搭載するタブレット PC と接続するタイプの商品であってもリーダーライタの制御のための API は機種によって異なるため、一部のビジネスロジックは流用できるが開発するアプリケーションを他の機種へ移植しても動作しない場合が多い。また、ビジネスロジックのみでなく RFID 固有の設定の機能を開発する必要があることも忘れてはならない。この機能は電波出力強度や使用チャネルなどを変更するために必要になることが多く、実装しておいたほうがよい。アプリケーションの要件定義時にこの機能が漏れてしまうと、運用開始後に電波出力強度の変更が必要になるなどして追加の投資が発生してしまう可能性があるため、必ず考慮しておきたい。

2.12.3 RFID ミドルウェア

ミドルウェアに関する定義、規定は存在しないが一般的に以下の機能を有することが多い。

- ・リーダーライタの制御機能

- ・重複データの削除機能
- ・読取りデータのフィルタリング機能
- ・ビジネスアプリケーション（データベース等）へのデータ送信機能

これらの機能は RFID を使用するためには必ず必要になる要素であるが、ミドルウェアを導入するとこれらの機能を有するソフトウェアを開発することなく、例えば、既存のデータベースに専用のテーブルを設けるだけで RFID を使用することができ、ソフトウェアの開発コストや期間を大幅に削減できる可能性がある。

ミドルウェア製品には、リーダライタ内に構成するものと別のコンピュータ内に構成し、複数のリーダライタを接続する製品がある。後者には複数のリーダライタを制御する機能を搭載している場合が多く、エアインタフェースの異なる複数メーカーのリーダライタ製品を制御することができたり、バーコード、2次元シンボル等の異なるデータキャリアのデータを処理できたりする製品も市販されている。また、移動する RF タグを検知する機能や RF タグの位置を判別する機能、各種標準に準拠したデータのエンコーダ/デコーダなどを搭載するミドルウェア商品もあり、メーカーによって様々であるが、その機能・精度もカタログスペックからは読取ることができない場合が多い。

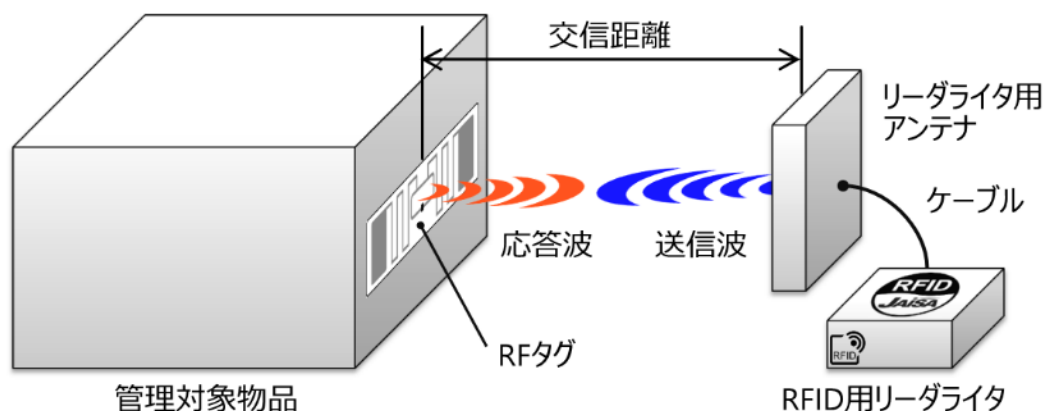
採用を検討するにあたってはメーカーまたはサプライヤと十分に実用スペックを協議すべきである。特に受信信号強度をはじめとする電波的な情報を使用する機能は使用環境によって期待した精度を得られない場合があるので注意が必要である。

2.13 交信距離とアンテナ

2.13.1 交信距離とは

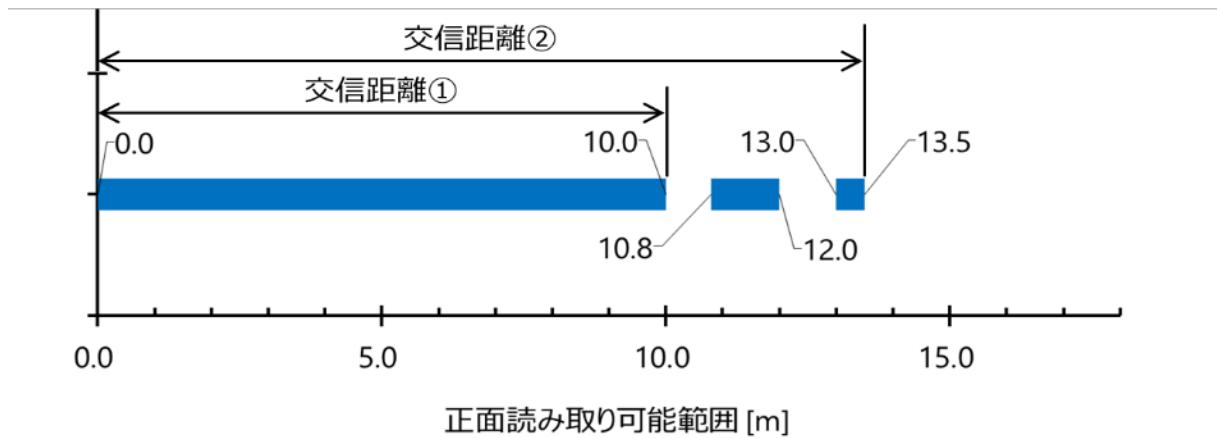
UHF 帯 RFID システムの運用に於いては、最も重要な性能が長い「交信距離」である。ユーザが期待する長距離一括読取り、読取りゲートによる自動 ID 収集などは、UHF 帯 RFID の特長である長距離交信距離が必須となるので、その性質を理解することは非常に重要である。

「交信距離」とは RF タグが交信可能な最大距離（RF タグとリーダライタのアンテナ間距離）を指す（「(図 2-14) RFID のイメージ図」参照）。



(図 2-14) RFID のイメージ図

周囲の電波反射の無い電波暗室においては、この交信距離を超える位置で交信を行うことはできないが、実際の読取り環境下では、一度交信が出来なくなった位置から更に離れた位置で交信可能となる場合が多い（「(図 2-15) RFID 交信可能範囲計測結果」参照）。それは、地面や壁、周辺構造物からの反射波により送信波が増幅されることで起きるため、定量的に捉えることは難しい。更に電波暗室などの計測で得られた交信距離以内の位置であっても、周辺の反射波が送信波を減衰させ交信不可能な領域が出現する場合もある。



(図 2-15) RFID 交信可能範囲計測結果

安定的な交信環境を構築するためには、「(図 2-15) RFID 交信可能範囲計測結果」の交信距離①以内で行う必要があり、目的の RF タグ以外の RF タグと交信させない「過読防止」を検討する場合などは、(図 2-15)の交信距離②の条件を考慮しなければならない。「2.6 読みすぎ」の現象もこの交信距離②の同じ原理で発生する。

交信距離の種類には「(図 2-16) 交信距離の種類」に示す通り、以下の 4 通りの種類がある。

①応答距離（読取り）

RF タグの情報を読取る場合に、リーダライタからの送信波で RF タグが応答波を送信（要求されたデータを発信）可能な最大距離のこと。

②応答距離（書込み）

RF タグの情報を書換える場合に、リーダライタからの送信波で RF タグが応答波を送信（要求されたデータの書換えを行い、完了信号を発信）可能な最大距離のこと。

③受信距離（読取り）

RF タグの情報を読取る場合に、RF タグからの応答波をリーダライタが受信（要求した情報を受信）可能な最大距離のこと。

④受信距離（書込み）

RF タグの情報を書換える場合に、RF タグからの応答波をリーダライタが受信（書換え完了信号を受信）可能な最大距離のこと。



(図 2-16) 交信距離の種類

リーダライタの受信感度が高く多くの場合は応答距離に対して受信距離が長い場合、応答距離を交信距離として考えてよい。しかし、リーダライタの受信感度やアンテナの利得が低い場合、また、アンテナケーブルの減衰量が大きい場合などは、受信距離が応答距離より短くなることもある。その場合の交信距離は受信距離の性能となる。さらに、リーダライタの出力に因って、応答距離と受信距離の長短が入れ替わる場合もある。

もう一つの注意点として、接触に近い近距離で交信ができない場合がある。大きなアンテナなどでは、その構造により端部から強い電波放射されるが、中心付近などに電波の空隙がある場合がある。また、近傍界（約 $\lambda/2\pi$ 以内：52mm以内）は電磁誘導による交信方式が有効であるが、RFタグ側に磁束を通過させるコイル（ループ）構造のアンテナが存在しない、または、送信アンテナの磁束発生位置とRFタグのコイル位置が合っていない場合も、近距離で交信ができない原因となる。

2.13.2 交信距離を決める要素

交信距離はRFタグの性能はもちろん、リーダライタからの送信波の電波強度、受信感度など多くの条件によって決まる。交信距離を決定する主な要素を以下にまとめる。

①RFタグの性能

RFタグの交信距離の性能は、ICの種類（特に消費電力）、インピーダンス、RFタグアンテナの利得、リターンロスの値（RFタグのICとアンテナのインピーダンス整合の値）などで決まる。特に使用するICについては、交信距離を伸ばす目的（価格を抑える目的の場合もある）でメモリ量や機能を抑えているものが有り、同程度のサイズのRFタグであってもIC種が変わることで大きく性能が変わる場合がある。

この要素は、応答距離、受信距離どちらにも大きく関わる。

RFタグのカタログ値に於ける交信距離は、リーダライタから日本の電波法で規定される周波数（920MHz帯域）及び最大出力（36dBm（4W）EIRP）の送信波に対する読み取りの応答距離（RFタグが応答波を送信可能な最大距離）としている場合が多い。

②リーダライタからの送信電波強度

パッシブタイプのRFタグのエネルギー源はリーダライタからの送信電波である。従って、その電波強度（出力の大きさ）がどれくらいかによって応答距離が変化する。最大値は電波法で規定されており、それ以上に強い電波を発信することは電波法違反となる。リーダライタから発信された送信波

が、RF タグが応答可能なエネルギー量になるまで空間で減衰する距離が応答距離となる。

リーダライタの最大出力（空中線電力）の規定は30dBm（1W）であるが、外部アンテナを接続する場合はアンテナで増幅して36dBm（4W）の電波まで空間へ放射することが可能となる。従って、アンテナの利得（増幅量）、アンテナへ接続するケーブルの減衰量もこの電波強度に関係する。

③リーダライタの送信電波種類

パッシブタイプのRF タグは単純な構造のアンテナである場合が多く、RF タグのアンテナと偏波方向が平行な直線偏波の電波に対して最も性能が高まる（交信距離が長くなる）。しかし、偏波方向が垂直（送信波の偏波方向とRF タグの向きが直交する状態）となった場合に著しく性能が低下してしまう。そのため、実際の現場ではいろいろな向きのRF タグへ対応可能な円偏波の電波を使用する機会が多いが、日本の電波法では円偏波アンテナの直線方向の出力量が直線偏波アンテナより抑えられてしまうので、平行な直線偏波よりも交信距離は低下してしまう。

また、近傍界の電磁誘導可能な領域（約 $\lambda/2\pi$ 以内：52mm 以内）で交信する電磁誘導アンテナは、長くても10cm 前後の交信距離となる。交信距離は短いですが、確実にアンテナの前にあるRF タグのみと交信する用途などに用いられる。

④リーダライタの受信感度

リーダライタがどれだけ小さい電波まで検知できるかの性能。この仕様で受信距離が決定する。リーダライタメーカーによっては明確な仕様を公表していない場合もある。また、RF タグとの距離の他に、リーダライタへ接続する受信アンテナの利得、アンテナを接続するケーブルの減衰も影響する。

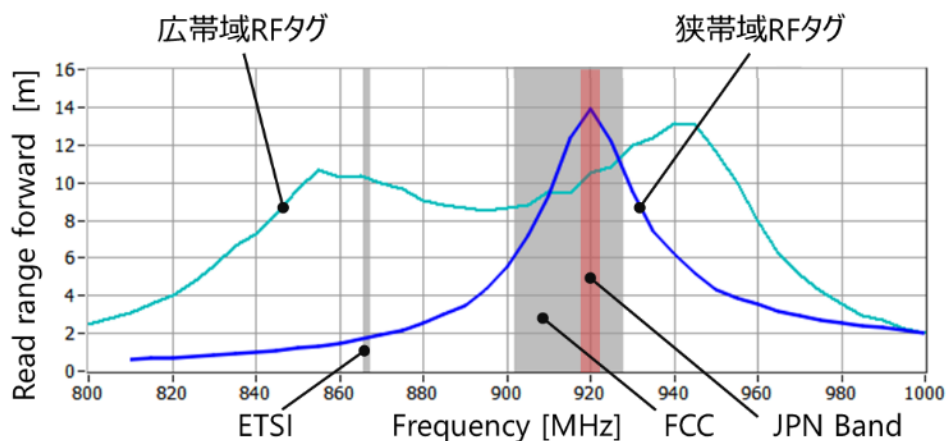
⑤リーダライタの受信アンテナ種類、アンテナ利得

RF タグからの応答波は直線偏波である場合が多いので、偏波方向を合わせた直線偏波アンテナで受信すれば受信距離が長くなる。また、そのアンテナの利得（増幅量）も関係する。“受信”専用のアンテナであれば、8dBi や10dBi など高い利得のものを使用すれば受信距離を長くすることも可能である。しかし、リーダライタは“送信”と“受信”で同一のアンテナを使用する場合はほとんどなので、電波法の送信波の出力規定で6dBi までとになってしまう（但し、アンテナから放射される電波がケーブルの減衰などで36dBm（4W）に満たない場合はアンテナの利得で補うことができる）。

⑥周波数

RF タグは特定周波数で無線通信を行うが、アンテナの共振周波数やIC の消費電力やインピーダンスは周波数によって変化する。汎用のRF タグはUHF 帯の広帯域で性能変化が少なくなるように設計されているものが多いが、金属対応RF タグのように特定の周波数で強く共振するRF タグなどは周波数の変化で交信距離が大きく変化してしまう。

RF タグとの交信を1 拠点で行う場合は、その地域で使用できる周波数帯で性能が高いRF タグを選定すれば良いが、輸出入用で海外の複数拠点でも使用する場合などでは、輸出入先各国の周波数で交信を行うことになるので、RF タグの交信距離性能の周波数特性を確認して選定しなければならない。



(図 2-17) 広帯域・狭帯域 RF タグの交信距離—周波数特性グラフ (金属対応 RF タグ実測値)

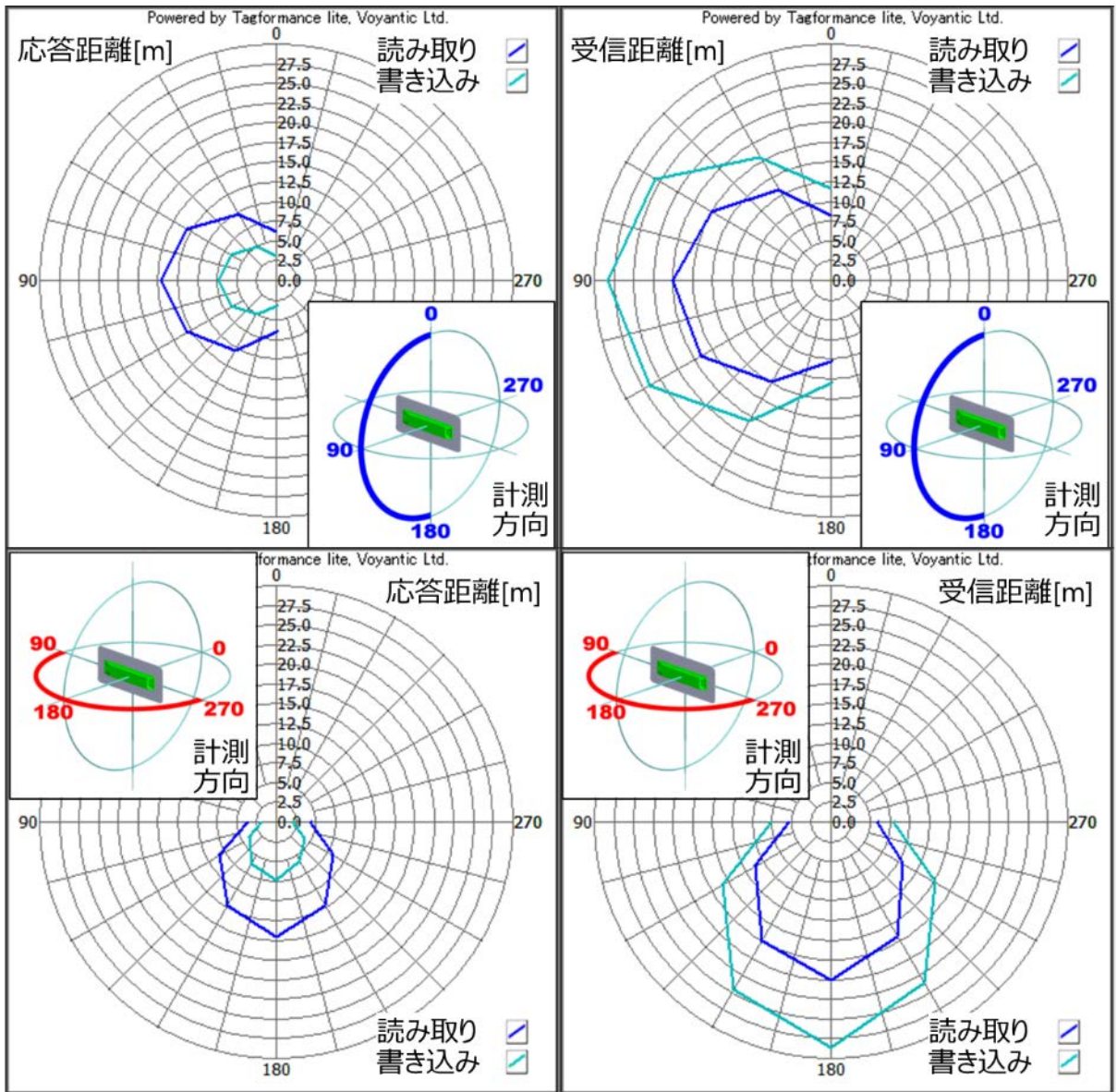
(図 2-17) は実際の金属対応 RF タグの交信距離—周波数特性を測定した結果である。狭帯域の RF タグは、日本の周波数帯では非常に優れた交信距離性能であるが、ETSI 地域 (欧州) では著しく性能が低下している。それに対し広帯域 RF タグは、いずれの地域でもほぼ同等の交信距離性能を有していることが分かる。

⑦RF タグの向き

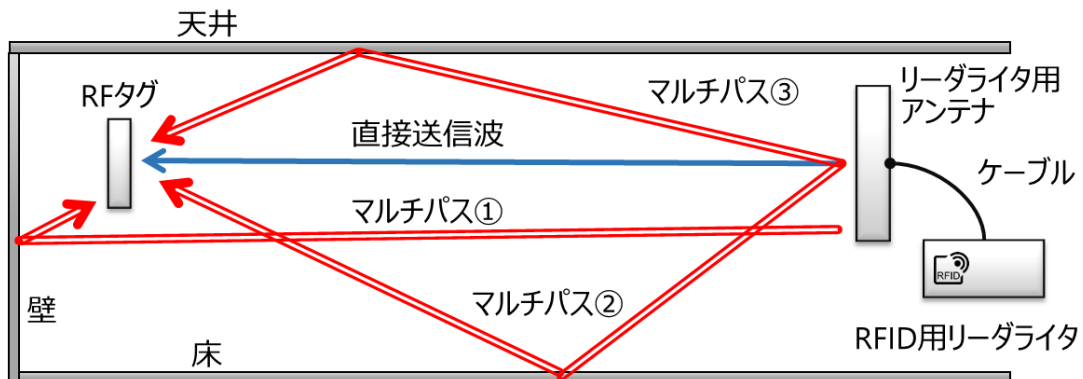
RF タグはリーダライタのアンテナと正対 (正面向かい合わせ) のときに最も交信距離が長い。「(図 2-18) 周波数 920MHz の各方向からの交信距離 (金属対応 RF タグの計測例)」は金属板に金属対応 RF タグを貼り付けた場合の垂直方向及び水平方向の各角度からの交信距離を計測した例であるが、おおよそ、正面交信距離を直径とした球状の交信範囲となっていることが分かる。つまり、リーダライタのアンテナの少し上や下を RF タグが通過する場合など、正対する位置以外で交信を行う場合には交信距離が低下してしまう。また、この性能はリーダライタのアンテナ及び RF タグアンテナの指向性 (方向によって性能を高めたり抑えたりすること) で交信範囲の形状が変化するので、各アンテナ性能も確認する必要がある。

⑧周辺の電波反射 (マルチパスの影響)

電波は、床、壁、天井や取り付け対象物、周辺構造物で反射する。リーダライタのアンテナから送信されて電波が空間を伝搬して直接 RF タグへ到達する直接波と、周辺で反射して RF タグへ到達する反射波がある (マルチパス現象)。この場合、直接波と反射波の合成波が RF タグへ伝搬することになる。この合成波はそれぞれの位相差の影響に因り、直接波と比較してエネルギー量が増幅する場合も減衰する場合もある。(図 2-19) にマルチパスの概念図を示す。



(図 2-18) 周波数 920MHz の各方向からの交信距離 (金属対応 RF タグの計測例)



(図 2-19) マルチパス

⑨RF タグ近傍の電波吸収

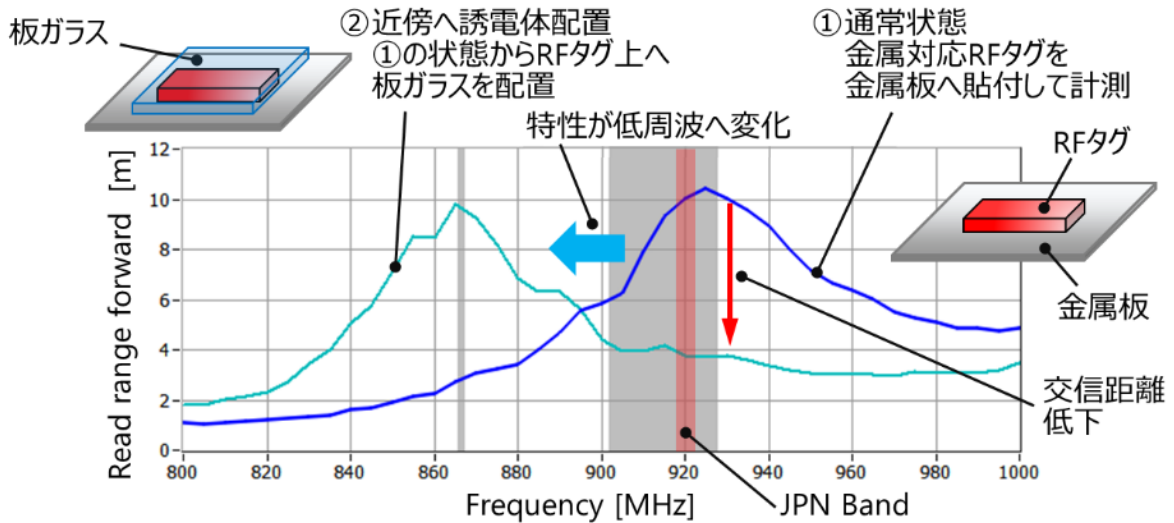
RFID で用いている電波は、プラスチックや紙、木材などを透過するが、水分などはエネルギーを吸収してしまう。他に、静電気防止機能がある樹脂やノイズフィルタの材料なども高周波を吸収するので、通信距離を低下させる要因となる。

⑩RF タグの貼付対象物・付着物

前記⑧、⑨と原理が重複する部分もあるが、電波に影響を与える貼付対象物や付着物が原因で通信距離が低下（場合によっては増加）する。一部の反射テープなど電波を透過しないラベルを RF タグへ付着すると通信距離が低下する。

電波を透過する材料であっても、その材料が持つ誘電率が電波の波長を変化させ、結果、周波数帯の変化と同じ現象となり通信距離が低下する場合がある。極端な例であるが、誘電率の高いセラミックスや数ミリ厚のガラス板を RF タグ表面へ付けると、周波数が 20~30MHz 低下した状態となってしまふ（実際に変化するのは波長で周波数の変化は無い）。樹脂の場合も、影響は小さいが同様の現象が発生する。屋外耐性を持たせた樹脂筐体の RF タグへの影響は少ないが、ラベル状のインレイなどの薄い RF タグの場合には、プラスチックラベルを表面に貼るだけで通信距離に影響を与える場合がある。（図 2-20）は、RF タグの上に配置した板ガラスの影響で、周波数特性が大きく変化した例である。

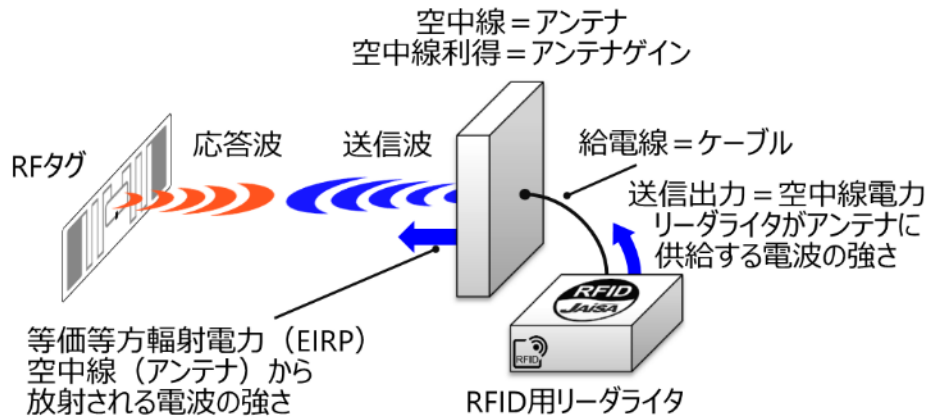
主な材料の誘電率一覧と、誘電率が波長を変化させる現象については、「3.1.4 主な材料の誘電率と波長変化」を、また、対象物が金属の場合の影響については、「3.1.5 金属に取り付ける際の注意点」を参照のこと。



（図 2-20）近傍誘電体の通信距離への影響例（金属対応 RF タグ実測値）

2.13.3 アンテナ（送信波）の種類

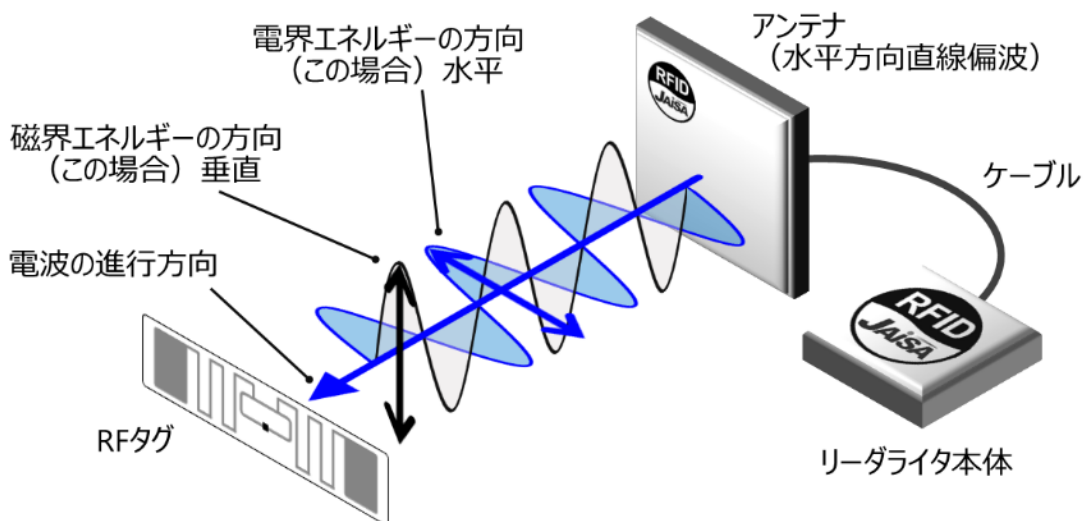
通信距離を決める要素として「③リーダライタの送信電波種類」を挙げているが、送信電波を決めるのはリーダライタのアンテナである。アンテナの種類を変えることで送信出力が同じであっても通信距離が変わってしまう（図 2-21）。



(図 2-21) RF タグとリーダライタ

UHF 帯 RFID の電波は、「(図 2-22) 送信波の電界／磁界エネルギー方向 (水平方向直線偏波)」の様な直交する電界エネルギーと磁界エネルギーを持っている。この図は垂直方向の直線偏波 (Linear Polarization) (電界のエネルギーが垂直 (地面に対して縦) 方向) の例である。送信偏波の種類は他に円偏波 (Circular Polarization) がある。

直線偏波は、UHF テレビのアンテナの様に、受信アンテナを送信電波の偏波の方向に合わせることで感度が高まる。UHF テレビのアンテナを設置する場合には、近くの中継局の送信波の偏波の向きに合わせる必要があるが、東京スカイツリーや東京タワーは水平方向の直線偏波で送信しているので、UHF テレビのアンテナを水平に合わせて (導波器と呼ばれる電波を集約するアンテナを水平方向にして) 受信する。UHF テレビ用の送信電波は水平方向の直線偏波が多いが、湘南平にある平塚中継局などは垂直方向の直線偏波なので、受信アンテナも垂直に合わせる必要がある。

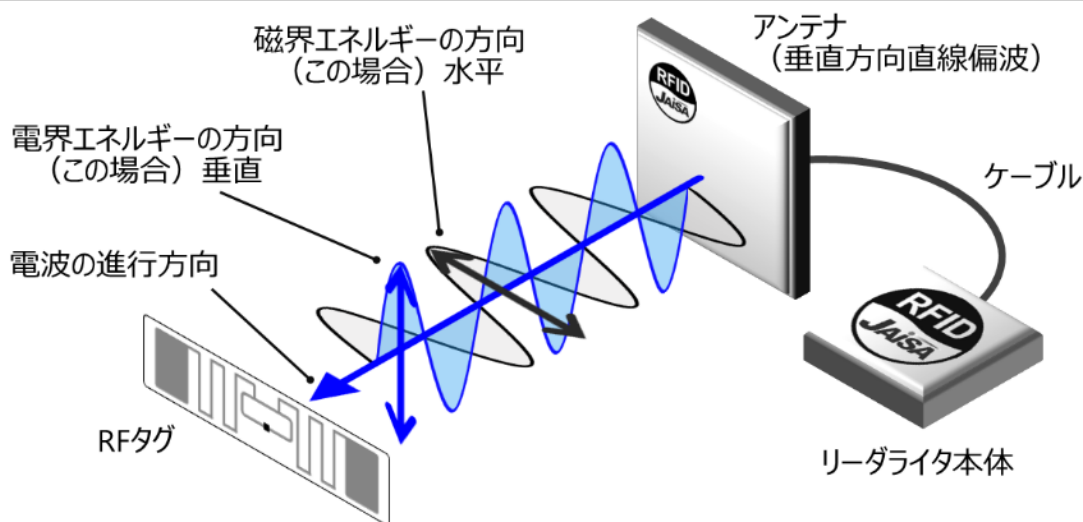


(図 2-22) 送信波の電界／磁界エネルギー方向 (水平方向直線偏波)

UHF帯 RFID も UHF テレビの場合と同様に、送信波と受信アンテナの偏波の向きを合わせることで感度を高める（交信距離を伸ばす）ことが可能である。RFID の場合の受信アンテナは RF タグのアンテナを指すが、特定の方向の電波で性能が高まるアンテナが殆どである。一般的には RF タグの長手方向を偏波の方向に合わせることで性能が高まる。「(図 2-22) 送信波の電界／磁界エネルギー方向（水平方向直線偏波）」の例では図の通り横長に RF タグを配置した場合が最も交信距離が伸びることになる。

直線偏波には、先に示した水平方向（Horizontal）と、「(図 2-23) 垂直方向直線偏波の例」に示す垂直方向（Vertical）がある。水平と垂直は直線偏波用アンテナの向きで決まるので、固定式リーダライタの場合はアンテナの固定方向で切り替えられ、ハンディ式リーダライタの場合は手で向きを変えれば切り替わる。

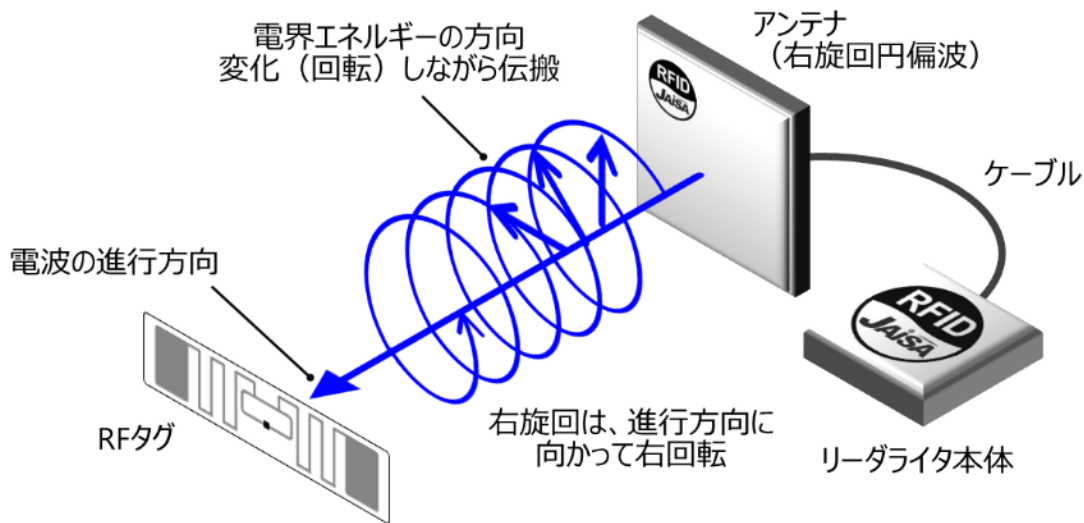
（斜め（Oblique）など意図的に角度を付けて使用することも可能だが、稀な場合である。）



(図 2-23) 垂直方向直線偏波の例

次に円偏波について説明する。円偏波は、電界のエネルギーの向きが時系列で回転する電波であり、直交する送信アンテナへ同じ振幅で位相をずらした出力を供給すると、その合成波が円偏波となる。直線偏波で UHF テレビのアンテナを例に挙げたが、円偏波の例は BS と CS の衛星放送の電波が右旋円偏波である。日本の国土に対する衛星の姿勢を一定に保つことが難しい、混信を避けるなどの理由から円偏波となっており、受信アンテナも UHF テレビのアンテナとは異なりパラボラアンテナとなっている。因みに 4k、8k 衛星放送は左旋円偏波が採用されている。それは、BS、CS 衛星放送と同一の周波数帯を混信させずに使用するためである。

右旋円偏波（RHCP : Right Handed Circular Polarization）と左旋円偏波（LHCP : Left Handed Circular Polarization）の回転方向は、電波の進行方向を向き（送信アンテナから受信側を見たとき）時計回り（右回り）が右旋回、反時計回り（左回り）が左旋回と分類する（図 2-24）。



(図 2-24) 円偏波の例 (右旋円偏波)

円偏波のメリットは正対する RF タグが (偏波の回転する方向に) 向きが異なっても、交信距離が一定となることである。RF タグの向きを統一できない条件の場合にはとても有効である。先に紹介した右旋円偏波と左旋円偏波について、受信アンテナが円偏波用のアンテナであった場合、回転の向きを合わせる必要があるが、円偏波を放射する RF タグは見たことがないので、RF タグとの交信を行う上で旋回の向きを気にする必要はないと考えている。しかし、BS・CS の衛星放送と、4k・8k の衛星放送の例の通り、隣り合うゲートの送信波の混信を避ける目的で旋回方向を変えることは有効である。

「(図 2-22) 送信波の電界／磁界エネルギー方向 (水平方向直線偏波)」 「(図 2-23) 垂直方向直線偏波の例」 「(図 2-24) 円偏波の例 (右旋円偏波)」 の例はそれぞれ、

- ・ 図 2-22 : RF タグと平行直線偏波 (RF タグの長手方向と偏波の電界エネルギーの方向が平行)
- ・ 図 2-23 : RF タグと直交直線偏波 (RF タグの長手方向と偏波の電界エネルギーの方向が直交)
- ・ 図 2-24 : RF タグに正対する円偏波

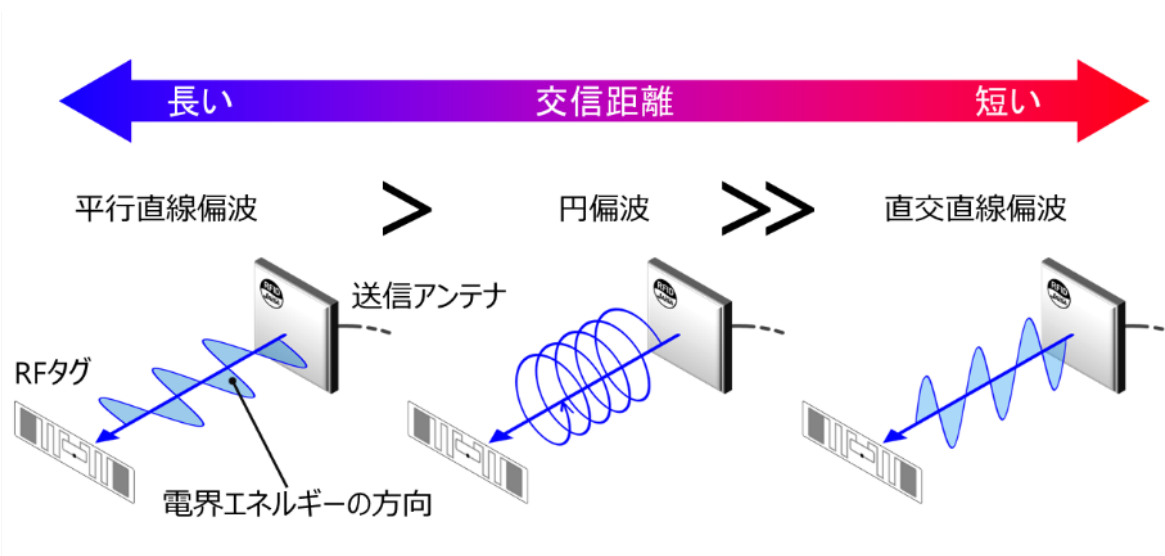
の関係となっているが、交信距離の優劣は以下の通りとなる。日本の電波法では、円偏波の水平、垂直方向の利得の合計が円偏波アンテナの利得となるため、一方向の利得は直線偏波アンテナの 1/2 となってしまう。そのため、偏波方向を合わせた直線偏波の方が円偏波と比較して長距離交信が可能となる。また、直交直線偏波は交信ができない場合も多いので実用には向かない。

次に送信偏波による交信距離の優劣を示す。

偏波方式の違いによる交信距離は、

平行直線偏波 (図 2-22) > 円偏波 (図 2-24) >> 直交直線偏波 (図 2-23)

となる。



(注) それぞれが、同一利得であるアンテナの場合となる。

(図 2-22) から (図 2-24) では、概念図として電波を正弦波や矢印で示しているが、これはエネルギーの向きと大きさを表現したものであり、電磁波の伝播経路が伝搬方向に対して幅を持つわけではない。

(図 2-25) 送信偏波による交信距離の優劣

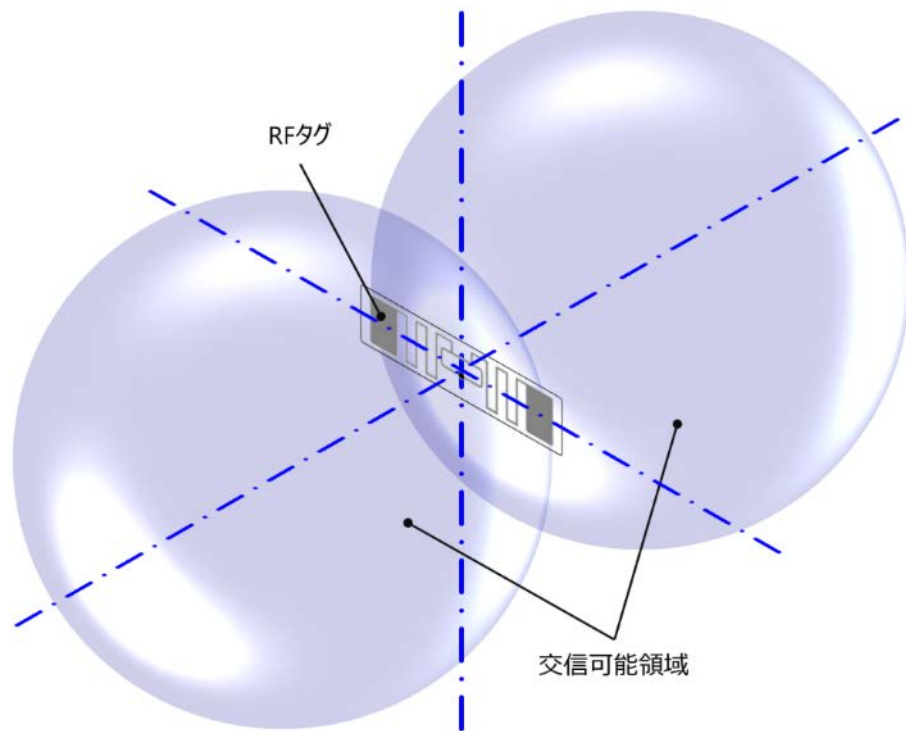
なお、これまで説明した水平、垂直偏波、円偏波の電波方式のアンテナについて、それぞれの電波の交信距離が最大となるのは、送信アンテナと RF タグが中心軸を合わせて正対した場合である。送信アンテナも RF タグも横方向からの交信距離が最短となり、交信ができない場合もある。

多くの送信アンテナ、RF タグについては、正対した交信距離を直径とした球体形状が交信範囲となる (図 2-26) のようなイメージの交信可能範囲)。

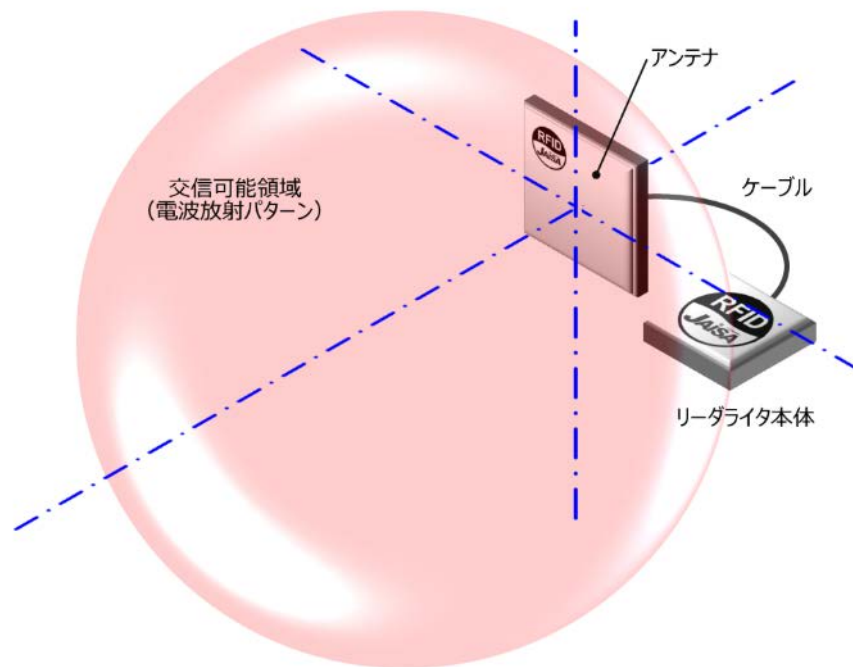
(図 2-26) および (図 2-27) の概念図は、それぞれの交信可能領域が交わる位置関係でなければ交信ができない。アンテナと RF タグの正対時がもっとも距離が長く、傾くほどに距離が低下することになる。送信アンテナを RF タグへ向けても、RF タグが傾いた方向となれば交信距離が低下する。

また、ゲートなど移動体を固定リーダライタで読み取る場合において、交信可能時間を長く確保したい場合には、交信距離の半分の位置を通過させればよい。

逆に、移動速度と交信サイクル、交信可能領域の関係で読み落としが発生するかを計算式で確認することも可能である (詳細は 3.1.3 交信可能速度の計算 を参照)。



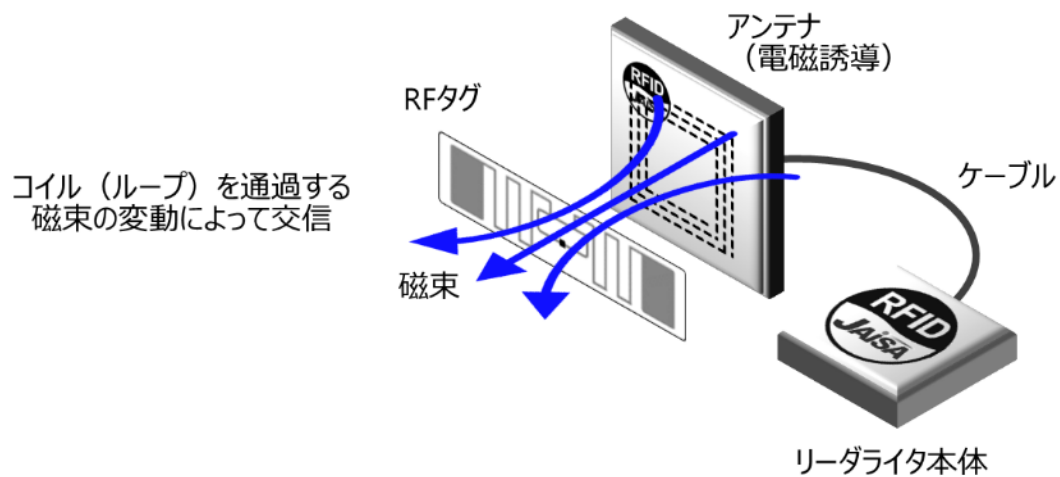
(図 2-26) RF タグ交信可能領域の概念図



(図 2-27) アンテナ (リーダライタ) 交信可能領域の概念図

次に、アンテナの種類最後に電磁誘導アンテナを説明する。電磁誘導による通信は HF 帯（13.56MHz 帯）で用いられることでよく知られているが、UHF 帯でも近傍界（約 $\lambda/2\pi$ 以内：52mm 以内）でこの方式を用いることができ、通信距離が短いことを利用して周辺の他の RF タグと通信させない目的などで使用されている。

また、「(図 2-28) 電磁誘導アンテナの例」に示す通り、電磁誘導は、送信アンテナと RF タグのアンテナのコイル同士を磁束が通過することで通信を行うので、RF タグ側のアンテナにループ部が無いと近傍界であっても通信が難しい。



(図 2-28) 電磁誘導アンテナの例

そのため、金属部品を積載した樹脂製の通い箱に貼付した RF タグを読取りたい場合に、周辺に RF タグを貼付した空の通い箱があり、対象外の RF タグを読取ってしまいやすいような環境下で目の前の RF タグのみと通信させたいときに有効である。

2.13.4 通信距離の換算方法

通信距離の確認は、実際の現場で実際に使用する機材（リーダーライタ、アンテナ、RF タグ、管理対象物など）で行うことが望ましい。

なお、リーダーライタの出力変更などについては、一つの結果から通信距離を換算することができる。

以下に、空中へ放射する電力 1W EIRP（等価等方輻射電力 Equivalent Isotropic Radiated Power）で、RF タグと平行の直線偏波を送信したときの応答距離 5m が通信距離である場合を基準とした換算方法を示す。

①基本条件

送信波が 1W EIRP 平行直線偏波のとき、通信距離（応答距離）が 5.0m。

$$D = 5.0[m] \quad (1)$$

②送信波を 4W EIRP 直線偏波へ変更した場合

通信距離は送信波の電力の比率で換算することが可能となる。電波法の規制最大値である 4WEIRP で送信した場合の距離は、式 (2) の通りとなる。

$$\textcircled{1} \quad 1 \text{ [W]のとき} \quad D = 5.0[m]$$

$$\textcircled{2} \quad 4 \text{ [W]のとき} \quad D = 5.0[m] \times \sqrt{\frac{4[W]}{1[W]}} = 10.0[m] \quad (2)$$

③送信波を 500mW EIRP (0.5W EIRP) 直線偏波へ変更した場合
上記②の場合と同様に換算が可能。式 (3) の通りとなる。

$$\textcircled{1} \quad 1 \text{ [W]のとき} \quad D = 5.0[m]$$

$$\textcircled{3} \quad 0.5 \text{ [W]のとき} \quad D = 5.0[m] \times \sqrt{\frac{0.5[W]}{1[W]}} = 3.5[m] \quad (3)$$

④送信波を 1W EIRP 円偏波へ変更した場合

アンテナの種類のみを直線偏波から円偏波へ変更した場合は、円偏波の直線方向の利得が 1/2 なるので、出力の比率も 1/2 となり式 (4) の通りとなる。

$$\textcircled{1} \quad 1 \text{ [W]直線偏波のとき} \quad D = 5.0[m]$$

$$\textcircled{3} \quad 1 \text{ [W]円偏波のとき} \quad D = 5.0[m] \times \sqrt{\frac{1}{2}} = 3.5[m] \quad (4)$$

2.14 RF タグ取付時の注意点

RF タグの主な取付方法には、(図 2-29) のような種類がある。

ラベルタイプの RF タグや、屋内物品の管理などに対してはラベルの粘着や両面テープでの取付が多いが、金属物品の管理や屋外保管する物などは、耐久性の高い確実な固定を目的として、ボルトやブラインドリベット留め、結束バンド留めなどを行う。その他に、紐でのぶら下げ、カード差しへの差し込み、あるいは専用構造を設けてはめ込みする方法などがある (表 2-6) 参照。

また、(図 2-30) にラベルタイプ RF タグの曲面への取付例を示す。



(注) 結束バンドについて

本図の例とは異なるが、RF タグの真上（IC やアンテナ位置の上）をバンドが通過する形状となっている RF タグもある。この場合、図のような金属製の結束バンドで固定すると通信が出来なくなることがあるので、その際は樹脂製の結束バンドで固定する。

(図 2-29) RF タグの主な取付方法



(図 2-30) 曲面貼付などラベルタイプ RF タグの取付状況

(表 2-6) RF タグ取付方法

取り付け方法	優位点	劣位点
両面テープ (ラベル)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取付工数が少ない ・ 対象物へ加工が不要 (となる場合が多い) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐性が劣る ・ 凹凸が無い取付面が必要 ・ 対象物の塗装剥がれで脱落する
接着剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取付工数が少ない ・ 対象物へ加工が不要 (となる場合が多い) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交換時接着剤除去が必要 ・ 対象物の塗装剥がれで脱落する
ボルト留め	<ul style="list-style-type: none"> ・ 汎用工具、資材で取付可能 ・ 取外し、交換が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象物へ加工が必要 (タップ加工またはボルト溶接) ・ ボルトが交信性能へ影響を及ぼす場合がある ・ 締め付け過ぎで RF タグが破損する ・ 第三者に外される懸念
ブラインド リベット留め	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象物は通し穴加工だけ ・ 取付工数が少ない (穴加工を除く) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取外し工数がかかる ・ 専用工具が必要 ・ ボルトと比較して強度が劣る
結束バンド 留め	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象物へ加工無く取り付けられる (場合がある) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 結束バンド留め対応 RF タグを選定する必要がある ・ 金属製結束バンドの場合交信性能へ影響を及ぼす場合がある

RF タグの管理対象物への取付時には、以下の点に注意したほうが良い。

- ①落下防止 (確実な固定、条件に合った取付耐久性性能)
- ②交信を妨げない場所、方法 (影響がある周辺金属、誘電体、液体からの隔離)
- ③破壊防止 (IC 保護、衝撃・衝突、擦れなどが無い場所)
- ④取付・交換工数が少ない場所、方法 (特に数が多い場合)
- ⑤視認性 (通常は高めるが、用途によっては下げて RF タグを隠す場合もある)
- ⑥運用性 (取付、交換をどの工程で誰が行うか、工数・費用)
- ⑦その他

管理対象物が金属物品の場合、金属対応の RF タグを選定して取付ける、または、金属と RF タグとの間に発泡樹脂シートを挟む、樹脂のブラケットなどで金属から離す必要がある。また、金属対応 RF タグであっても、背面金属以外の周辺金属 (左右、上下、全面、RF タグ背面から離れた位置の金属など) については、汎用タグと同様に影響を受けることに注意が必要である。(金属へ取り付ける場合に注意すべき点については **3.1.5 金属に取り付ける際の注意点** を参照のこと。)

耐久性については、管理対象物の保管・運用方法、使用期間などによってさまざまな条件となるが、金

属製ボックスパレットなどの場合などは、ISO TR 22251-1 Application Guideline for use of RFID on Returnable Transport Items – Part 1: For metal returnable transport items に条件例および、耐性評価を行った結果が示されているので参考にすると良い。

2.15 設置環境

リーダライタを設置する際には、以下の点に注意を払う必要がある。

■安定した電源の確保

特に製造現場に設置する場合、安定した電源と接地は重要である。製造現場では大きな誘導負荷が存在することが多く、それに起因する電圧降下や突入電流、瞬断等が原因で機器の故障や誤作動を引き起こすことがある。電源が不安定である場合や状態がわからない場合には市販の安定化電源装置を使用することも有効である。また、リーダライタやラベルプリンタ等の機器が接地を必要とする機器である場合、その接地線が確実に接地されていることを確認することも不具合を生じさせないためには重要である。接地線が接続されていないことや、同一の接地線に接続する機器が多すぎて機能していないこともあり得るので確認すべきである。

■安定したネットワーク

リーダライタ装置をネットワーク接続で使用する場合、そのネットワークの接続性は十分担保されている必要がある。ネットワークに遅延やパケットロスがあるとデータが正しく取得できないだけでなく、特にリアルタイム性を重視する制御プログラムを使用する場合、リーダライタ装置が異常となる場合があるため注意が必要である。

■電波的なノイズ

周波数の近い電波を使用する機器が使用されている場合、その電波との干渉の可能性があることを考慮しなければならない。交信距離の短い HF 帯や近接する周波数の少ない UHF 帯では発生しにくいですが、2.45GHz 帯を使用する場合には Bluetooth や Wi-Fi、電子レンジなどの装置の影響を避けられない。また、これらのノイズは RFID を設置したときには問題なくても、後から導入した装置により影響を受けることもあり得る。

■屋外への設置

アンテナには、防水仕様など、屋外での使用が可能な商品もあるため、屋外で使用する場合にはこのような機器を使用することも検討したい。屋内用のアンテナをケース等に入れて使用する場合もあるが、この時にはケースの素材に注意する必要がある。素材の誘電率と厚みによっては性能を十分に発揮できない場合がある。また、リーダライタおよび同軸ケーブルも処置が必要である。

■防爆エリアへの設置

リーダライタ及びアンテナは電子機器であるため、そのまま防爆エリア内で使用することはできない。防爆エリアで使用したい場合、あらかじめ所轄の消防署に相談し、指示を仰ぐべきである。

2.16 RFID の海外での使用上の注意点

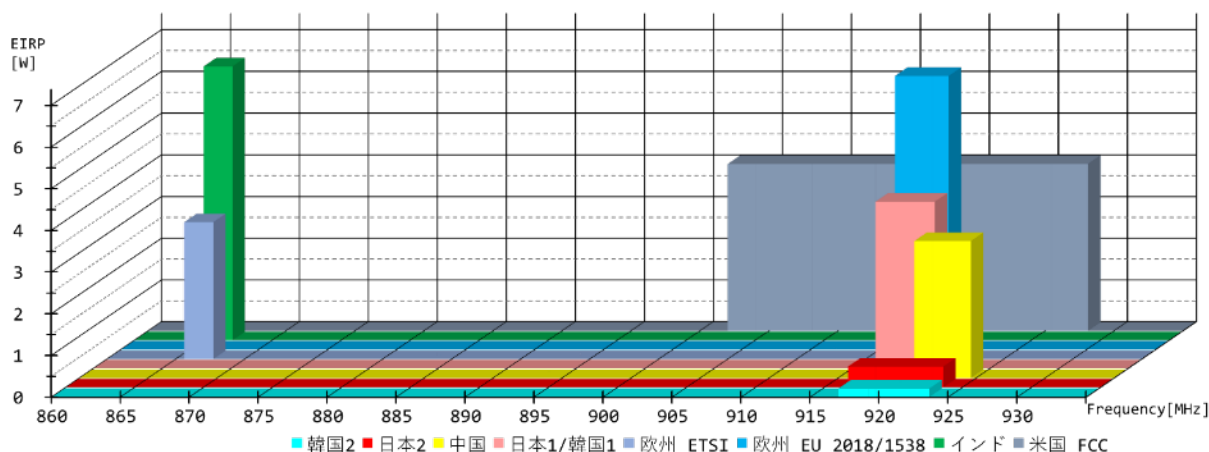
RFID 管理を海外の仕向け先などへ展開する場合など、使用するそれぞれの国の規制を確認しなければならない。特に、各国の電波法にて規定される、使用できる周波数帯と送信電波の強さ（最大放射電力）が異なっていることに注意が必要である。

（図 2-31）および（表 2-7）に主な国、地域の使用可能な周波数値と最大放射電力を示す。

輸出入の物流容器を管理する場合には、同じ RF タグを様々な国で使用するようになる。そのため、使用する全ての国の周波数帯で使用可能な性能を持っている RF タグを選定しなければならない。また、汎用ラベルタグなどは広帯域で使用可能な製品が多いが、狭帯域 RF タグのような特定周波数に特化した RF タグは使用地域に注意して採用しなければならない。

さらに、地域によって使用できる周波数帯が異なる以外に、放射できる最大電力も異なる場合がある。この場合、同じ周波数帯でも放射電力が異なれば交信距離が増減するので、同じ条件とにならない場合がある。

また、リーダライタやアクティブ RF タグは、それぞれの国や地域の電波法に適合した製品を使用しなければならない。日本の場合は、無線設備の技術基準適合証明された機器とケーブルの組み合わせでしか電波を放射することができない。なお、技術基準適合証明を取得していない海外製品を日本国内で使用すると、電波法違反となる。ただし、パッシブタイプの RF タグは自ら電波を放射できないので、適合証明を取る必要は無い。



（図 2-31）UHF 帯 RFID（パッシブ）の主な国・地域の周波数帯と最大放射電力

（図 2-31）および（表 2-7）で示した国や地域以外の周波数帯と最大放射電力については、出典元の GS1 発行の Regulatory status for using RFID in the EPC Gen2 (860 to 960 MHz) band of the UHF spectrum [11 February 2020] を参照のこと。

(表 2-7) 主な国、地域の周波数帯と最大放射電力

国 地域	周波数 [MHz]	最大放射電力		規格	備考
		EIRP ¹ [W]	ERP ¹ [W]		
日本	916.7 - 920.9	4	(2.44)	電波法	構内無線局、陸上移動局 (パッシブ) [日本 1]
	916.7 - 923.5	0.5	(0.30)		特定小電力 (パッシブ) [日本 2]
	920.5 - 923.5	0.5	(0.30)		簡易無線局 (アクティブ)
	920.5 - 928.1	0.04	(0.02)		特定小電力 (アクティブ)
	915.9 - 929.7	0.002	(0.0012)		
欧州	865.6 - 867.6	(3.28)	2	ETSI ²	[欧州 ETSI]
	916.1 - 919.9	(6.56)	4	EU 2018/1538 ³	[欧州 EU 2018/1538]
米国	902 - 928	4	(2.44)	FCC ⁴	[米国 FCC]
中国	920.5 - 924.5	(3.28)	2	CMIIT ⁵	[中国]
韓国	917.0 - 920.8	4	(2.44)	KCC ⁶	[韓国 1]
	917.0 - 923.5	0.2	(0.12)		[韓国 2]
インド	865 - 867	(6.56)	2	WPC ⁷	[インド]
<p>(注)</p> <p>1 放射電力 EIRP について EIRP 等価等方輻射電力 (Equivalent Isotropic Radiated Power) は空中へ放射される電力のこと (空中線電力では無い)。また、ERP 実効放射電力 (Equivalent Radiated Power) で規定している国もある。() 括弧表記は規定値を別基準値へ換算した値である (EIRP = ERP × 1.64)。</p> <p>2 ETSI 欧州電気通信標準化機構 (European Telecommunications Standards Institute)</p> <p>3 EU 2018/1538 欧州委員会実施決定(EU) 2018/1538</p> <p>4 FCC 連邦通信委員会 (Federal Communications Commission)</p> <p>5 CMIIT 中華人民共和国工業情報化省 (Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China) (信部無[2007]205号)</p> <p>6 KCC 韓国放送通信委員会 (Korea Communications Commission)</p> <p>7 WPC インド無線計画調整局 (Wireless Planning & Coordination Wing)</p> <p>[]内は (図 2-31) での凡例表記</p>					

2.17 ワンウェイかそうでないか

RF タグをワンウェイ (使い捨て) で使用するか、繰り返し使用するかは、RF タグを選択するうえで重要な要素となる。繰り返し使用する場合には、RF タグの耐久性能を考慮しなければならない。RF タグの耐久性能は数値化されていることは稀である。ヒートサイクル試験結果を公表している耐熱 RF タグなども存在するが、その試験方法はメーカーによって異なることが多い。

コスト重視で安価な RF タグを採用すると故障が頻発し、RF タグの買い替えによってかえってコスト高になることもあり得る。ベンダやメーカーに用途を明確に伝え、適合する RF タグの提案を受けることも重要である。

RF タグの書き換え可能回数は使用するメモリ素子によって異なるが、10 万回の書き換えを保証する EEPROM を使用している場合が多く、IC チップによってはそれ以上の書き換えを謳う商品もある。

また、RF タグをワンウェイで使用する場合には RF タグの最終使用後の扱いを決めておく必要がある。RF タグを取り外し、自身で廃棄する以外の場合、すなわち RF タグをつけたまま出荷するような場合、そのままでは書込んだデータの読取り、書換えが誰にでもできる状態である。USER メモリにデータを書込んで使用している場合などは、その情報によっては情報を漏洩させることとなる。不要なデータを消去する、キル機能を使用して不活性化させる、または、ロック機能を使用して書込みできなくするなど、対策が必要になる場合があり、そのための設備とソフトウェアを導入する必要がある。

2.18 ロック機能とキル機能

RF タグは、「ロック (Lock)」、「キル (Kill)」と呼ばれる機能を持ち、メモリのデータの書込み及び読取りを制限することができる。

ロック機能はメモリへのデータの書込み(書換え)を防止する機能であり、第三者が錯誤によりデータを誤って書換えてしまうことを予防するものである。ロック機能には「パスワードロック」と「恒久ロック」の種類があり、前者は Access パスワードが一致しなければ書込みができない、後者は永続的に書込みができないという状態となる。ロック可能なメモリブロックの指定は IC の実装により異なるため、ロック機能を使用したい場合には事前に IC の実装を調査する必要がある。

キル機能は「Kill」が示す通り、RF タグが応答しなくなる機能である。ロック機能と同様に Kill パスワードを指定すれば読取ることのできる「パスワードキル」と、恒久的に読取ることができなくなる「恒久キル」がある。これらの機能を利用することによりある程度 RF タグ内に書込まれたデータを保護することができる。

なお、本機能を使用するうえで、それぞれ「パスワード」が MB00 (RESERVED メモリ) にある 32 ビットのメモリ領域に格納するだけのものであることに注意しなければならない。そのため、データを完全に保護するために使用するにはパスワード長は短く、またパスワードの総当たり攻撃を防御したり、データの改ざんを検知したりするような高度なセキュリティ機能を持つものではないため、悪意を持った攻撃には無力であるといえる。

しかし、これらの機能は錯誤による書換えや RF タグの最終利用後のデータの扱いにおいては有用となることがある。

例えば、工場内や限定的なサプライチェーンにおいて、RF タグにパスワードロックを設定しておき、業務上必要な場所で使用するリーダライタにおいてのみ書換えを可能にして間違えて書換えてしまうリスクを軽減したり、物理的に破壊しにくい RF タグを廃棄するときに恒久キルしてから廃棄したりするようなことは有効となりうる。なお、EPC C1G2 Ver.2 の RF タグでは無線通信データ暗号化をはじめとするセキュリティ機能がオプションとして追加されており、一部のセキュリティ機能が強化されている。

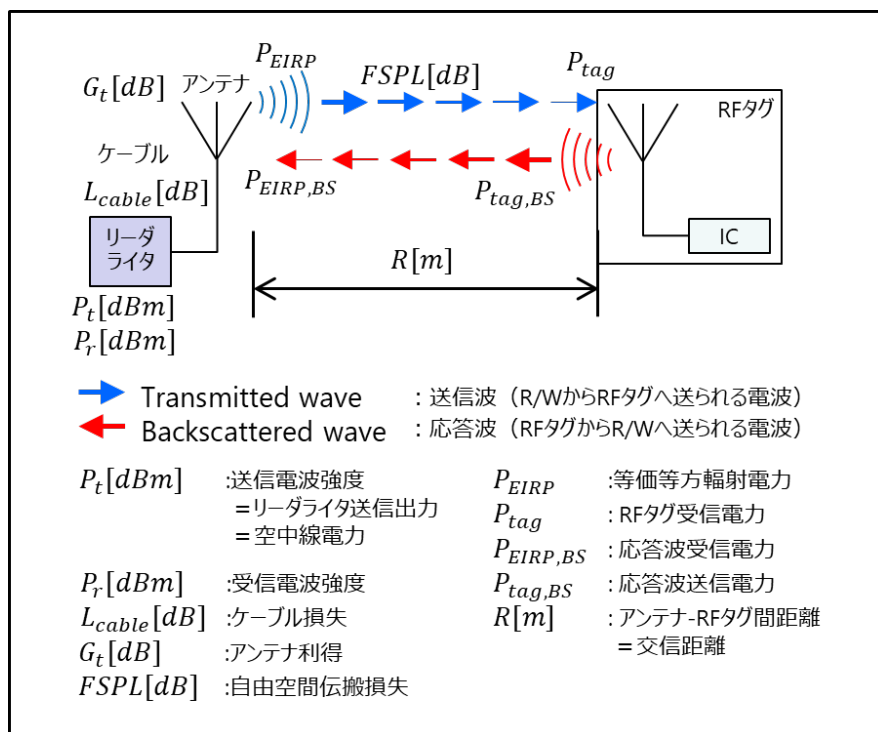
第3章 関連技術の詳細

3.1 交信距離について

第2章の2.11 交信距離とアンテナ で交信距離について記載しているが、ここでは原理について少し詳しく述べる。この内容を知ることによって実際の現象の理解度が深まり、機器選定や課題解決がより適切に行うことができるようになる。なお、デシベル計算や対数関数など、とりかかり難いと思われる傾向があるが、どのパラメータが電波へ影響を及ぼしているかを知り、距離の換算式のみを利用されるだけでも十分価値があるので、是非、知っておいていただきたい。

3.1.1 交信のしくみ

リーダライタとRFタグ間交信を「(図3-1)リーダライタとRFタグ間の交信」へ示す。リーダライタから出力された送信波 P_t (送信出力=空中線電力) がケーブルを伝わりアンテナから空間へ放射される。そして、空間を伝搬した送信波がRFタグへ到達する。RFタグからの応答波はその逆の経路でリーダライタへ到達する。この送信出力 P_t が電波法で最大 1[W] と規制されている「空中線電力」のことである。「空中線」との名称からアンテナから空間へ放射する電力量と勘違いし易いが、「空中線」とは「アンテナ」のことであり、「空中線電力」はアンテナへ向けてリーダライタ本体から出力される電力量のことである。



(図 3-1) リーダライタとRFタグ間の交信

送信波を式で表すと式(1)の通りとなり、 P_{EIRP} を用いると式(2)となる。

$$P_{tag} [dBm] = P_t [dBm] - L_{cable} [dB] + G_t [dB] - FSPL [dB] \quad (1)$$

$$P_{tag} [dBm] = P_{EIRP} [dBm] - FSPL [dB] \quad (2)$$

また、応答波についても同様に、式(3)、式(4)の通りとなる。

$$P_r[dBm] = P_{tag,BS}[dBm] - FSPL[dB] + G_t[dB] - L_{cable}[dB] \quad (3)$$

$$P_r[dBm] = P_{EIRP,BS}[dBm] + G_t[dB] - L_{cable}[dB] \quad (4)$$

FSPL :自由空間伝搬損失（電波が空中を伝搬する際に減衰するエネルギーゲイン）は、式(5)の通り電波の波長と交信距離で表すことができる。

$$FSPL = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 [dB] = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (5)$$

λ : 波長[m]

波長 λ は、周波数 f と光速 c で表せるので、式(2)と式(5)から式(6)が得られる。

$$P_{tag} = P_{EIRP} \left(\frac{c}{4\pi f D} \right)^2 \quad (6)$$

f : 周波数[Hz] c : 光速 299792458 [m/s]

この式(6)を D （アンテナ—RF タグ間距離）について解くと、式(7)が得られる。

$$D = \sqrt{\frac{P_{EIRP}}{P_{tag}} \frac{c}{4\pi f}} \quad (7)$$

式(7)より、 P_{tag} の最小値が分かれば応答距離が算出でき、また、出力の変化（送信電力の変化）に対する応答距離の換算も可能であることが分かる。つまり、リーダライタの送信出力を変更した場合や、アンテナケーブルを延長した場合、送信偏波を変えた場合など、原理上計算だけで距離の換算が可能となる。

3.1.2 交信距離の換算例

交信距離の確認は、実際の現場で実際に使用する機材（リーダライタ、アンテナ、RF タグ、管理対象物など）で行うことが望ましいが、リーダライタの出力変更などについては、一つの結果から交信距離を換算することができる。

一例として、空中へ放射する電力 1W EIRP（等価等方輻射電力 Equivalent Isotropic Radiated Power）で、RF タグと平行の直線偏波を送信したときの応答距離 5m が交信距離である場合を基準として、各条件の交信距離を換算する方法を以下に示す。

① 基本条件

送信波が 1W EIRP 平行直線偏波のとき、交信距離（応答距離）が 5.0m。3.1.1 の式 (4) へあてはめると、式 (8) が得られる。

$$D = \sqrt{\frac{P_{EIRP}}{P_{tag}} \frac{c}{4\pi f}} = \sqrt{\frac{1[W]}{P_{tag}} \frac{c}{4\pi f}} = 5.0[m] \quad (8)$$

② 送信波を 4W EIRP 直線偏波へ変更した場合

式 (8) の PEIRP (等価等方輻射電力) 以外の値に変更が無いので、交信距離は送信波の電力の比率で換算することが可能となる。電波法の規制最大値である 4WEIRP で送信した場合の距離は、式 (9) の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{① } 1 [W] \text{ のとき } & D = 5.0[m] \\ \text{② } 4 [W] \text{ のとき } & D = 5.0[m] \times \sqrt{\frac{4[W]}{1[W]}} = 10.0[m] \end{aligned} \quad (9)$$

③ 送信波を 500W EIRP (0.5W EIRP) 直線偏波へ変更した場合

上記②の場合と同様に換算が可能。式 (10) の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{① } 1 [W] \text{ のとき } & D = 5.0[m] \\ \text{③ } 0.5 [W] \text{ のとき } & D = 5.0[m] \times \sqrt{\frac{0.5[W]}{1[W]}} = 3.5[m] \end{aligned} \quad (10)$$

④ 送信波を 1W EIRP 円偏波へ変更した場合

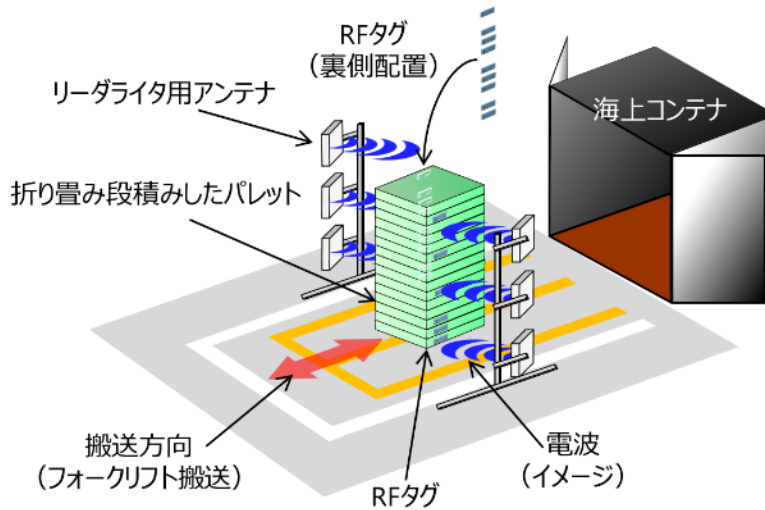
アンテナの種類のみを直線偏波から円偏波へ変更した場合は、円偏波の直線方向の利得が 1/2 なるので、出力の比率も 1/2 となり式 (11) の通りとなる。

$$\begin{aligned} \text{① } 1 [W] \text{ 直線偏波のとき } & D = 5.0[m] \\ \text{③ } 1 [W] \text{ 円偏波のとき } & D = 5.0[m] \times \sqrt{\frac{1}{2}} = 3.5[m] \end{aligned} \quad (11)$$

3.1.3 交信可能速度の計算

入出庫の現場など読取りゲートによる自動読取りにおいては、パレットなどへ貼付した RF タグと移動中に交信を行うこととなる。その場合に読取りが可能な速度の計算例を以下に示す。

ここでは、(図 3-2) のような海上コンテナへ段積みしたパレットを積載する現場を想定する。フォークリフトでリーダライタのアンテナを左右に配置した搬送路を、RF タグを取付けたパレットを搬送する。

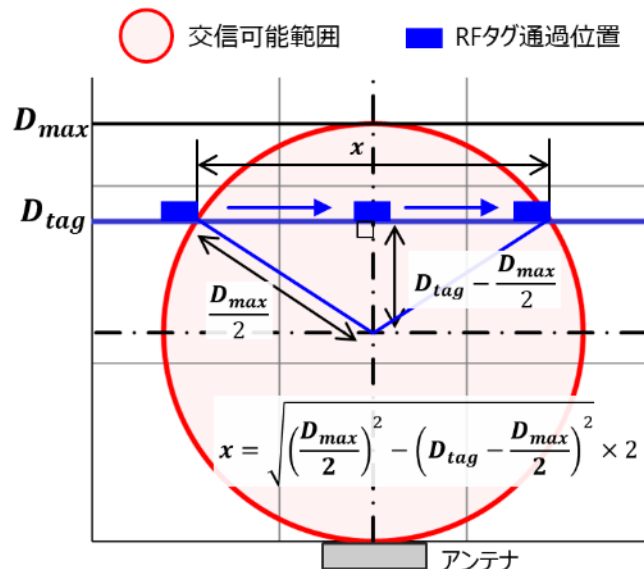


(図 3-2) 段積みパレットの海上コンテナへの積み込み

ここで、RF タグの正面読取り距離、RF タグの通過位置（アンテナとの距離）、リーダライタの最大交信サイクルの時間が以下の通りであるとする。

RF タグの正面読取り距離	D_{max}	= 5.0 [m]	
RF タグの通過位置（アンテナとの距離）	D_{tag}	= 4.0 [m]	(12)
リーダライタの最大交信サイクル	T_{max}	= 1.0 [s]	

交信可能範囲は（図 2-26）や（図 2-27）に示すとおり正面読取り距離を直径とする球状となる場合が多い。その場合、交信可能範囲の通過距離は（図 3-3）に示すとおりとなり、通過距離 x は式（13）で算出することができる。（交信範囲が球状とならない場合は適用できない。また、正面読取り距離は、RF タグが通過する高さで確認する必要がある。）



(図 3-3) RF タグの通過距離

$$x = \sqrt{\left(\frac{D_{max}}{2}\right)^2 - \left(D_{tag} - \frac{D_{max}}{2}\right)^2} \times 2 \quad (13)$$

例として挙げた、RF タグの正面読取り距離、RF タグの通過位置を代入して計算すると、通過距離 x は 4m となる。

$$x = \sqrt{\left(\frac{5[m]}{2}\right)^2 - \left(4[m] - \frac{5[m]}{2}\right)^2} \times 2 = 4 [m] \quad (14)$$

条件であげた最大交信サイクル(全てのアンテナが想定される最大数量の RF タグと交信が完了する時間)が 1[s]なので、1 回読取りが可能な最大速度は下の式の通り 14.4km/h となる。安全を見て 2 回読取り可能とするのであれば、速度は 7.2km/h までとなる。

$$\begin{aligned} \text{最大速度 (1 回読取り)} & \quad \frac{3600 [s]}{1.0 [s]} \times 4 [m] = 14400 [m/h] = 14.4 [km/h] \\ \text{最大速度 (2 回読取り)} & \quad \frac{3600 [s]}{1.0 [s] \times 2} \times 4 [m] = 7200 [m/h] = 7.2 [km/h] \end{aligned} \quad (15)$$

この算出方法を用いると、RF タグの基礎評価結果と、リーダライタの構成を机上で構築し、使用する RF タグが想定最大枚数あれば交信サイクルを計測することができるので、現場レイアウトを事前に設計できる。特に、交信サイクルはユーザの感覚以上に時間が掛かっている場合が多い。RF タグの UII/EPC メモリ取得を行う Inventory コマンドは、複数 RF タグと交信しても数十 ms から数百 ms 程度で完了するが、(図 3-2) のような複数アンテナを使用する場合、アンテナの切り替えだけで多くの時間が掛かっている。USER メモリまで読み取る場合は、数枚の RF タグが対象でもコマンドの切り替えで時間を費やし、移動体の自動読取りはかなり困難である。RF タグの交信距離のみを頼りにゲートを構築すると、運用開始後に読み落としが稀に発生し、また、その原因が掴めない状況に陥ってしまうこともある。最終的には現場確認が必要となるが、失敗ややり直しとなる確率が大きく減らせるので事前に検討してみたい。

3.2 主な材料の誘電率と波長変化

樹脂やゴムなどは、添加材など他の材料が混ざっているものもある。添加材の特性に因って誘電率が変化するなどして、影響が大きく変化する場合もある。金属が混ざる場合は当然であるが、ガラス、カーボンなども電波特性に大きな影響を及ぼす添加材である。

また、各材料のサイズや厚みで影響の大きさが変わる。プラスチックフィルムなど非常に薄い材料などは、その影響が無視できるレベルとなる。

絶縁体内を電波が伝搬する際、その材料が持つ誘電率 (比誘電率) ϵ_r の値によって伝搬速度が低下する。結果、波長が短くなり近傍の RF タグの共振周波数を変化させてしまう。波長短縮効果は誘電率の逆数の平方根に比例する。わかりやすい例としては、誘電率 $\epsilon_r = 4$ の材料内を伝搬する電波は、 $\sqrt{1/\epsilon_r} = \sqrt{1/4} = 1/2$ であるから、波長が半分となる。結果、空中の波長を想定して設計されたアンテナの共振効果が薄れ、交信距離が低下してしまう場合がある。

(表 3-1) 主な材料の一般的な誘電率

材料 Material	誘電率 Relative Permittivity	備考 Note
空気	1	誘電率は空気中を基準とした比で表される
発泡スチロール	約 1	樹脂だが発泡率が高いので空中とみなしてよい
段ボール、段プラ	約 1	
紙	2~3	
ゴム	2~5	
木材	2~6	水分量で大きく変化
樹脂	2~8	発泡樹脂は 2 以下となる場合もあり
ガラス	4~10	
セラミック	10	
水	80	

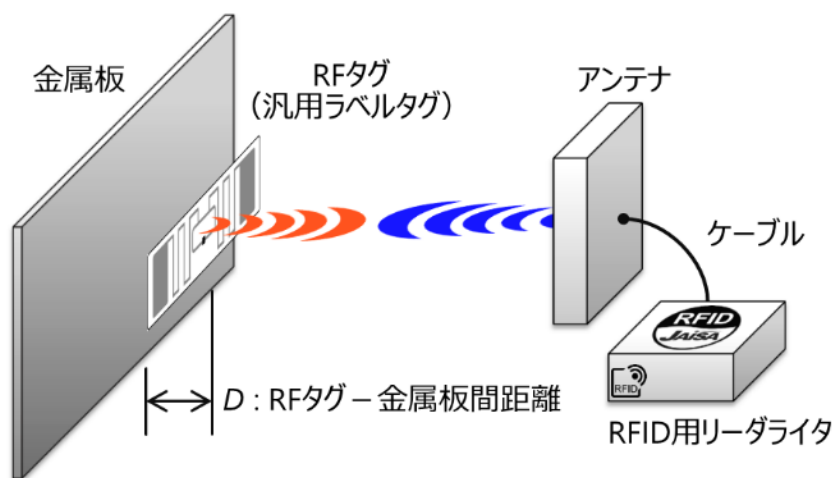
(図 2-20) は、RF タグ近傍誘電体の影響例として、板ガラス ($t=5.2\text{mm}$) を RF タグ上へ配置し、交信距離の周波数特性を測定した結果である。この例では、日本周波数帯に交信距離のピークを調整した金属対応 RF タグ (①通常状態のグラフの通り) が、誘電体が乗せたことで、周波数帯域が低周波側へ 60MHz も変化している (②のグラフ)。グラフ上では大きな変化だが、この変化の波長短縮を起こす誘電率は 1.15 である。ガラスの誘電率は (表 3-1) から 4~10 であるので、ガラス内を伝搬する電波の波長は 1/2 以下に短縮される。電波は連続するエネルギーの波なので、近傍の短縮波長の影響を受けて RF タグのアンテナ上の電波も波長が短くなる。その影響は、アンテナに近いほど、また、誘電体の領域が深い (材料が厚い) ほど大きくなる。

3.3 金属に取り付ける際の注意点

金属部品や金属製のパレット、什器などを RFID で管理する場合、RF タグを金属へ取り付けることになる。その際は金属対応 RF タグを選定するか、汎用 RF タグと金属を離して取り付ける必要がある。

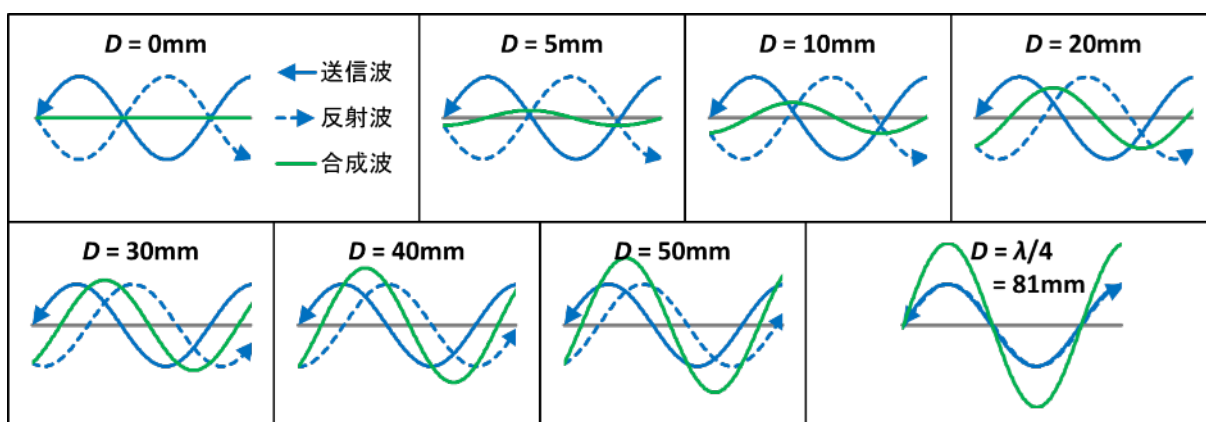
汎用 RF タグを直接金属へ取り付けると交信が出来なくなるので、金属と RF タグの間へ樹脂製のスペーサなどを入れ交信できるようにしなければならないが、その場合の金属の影響について図を例として説明する。

(図 3-4) は、汎用の RF タグの背面に金属板を距離 D [mm] で配置した例で、 $D=0$ [mm] が直接貼付した場合となる。交信距離に与える背面金属の最も大きな影響は、金属面で反射した反射波である。リーダライタからの送信波が金属で反射する場合、位相が反転した反射波が発生する。その反射波が送信波のエネルギーを減衰させてしまうので交信ができなくなるのである。



(図 3-4) RF タグの背面金属の影響

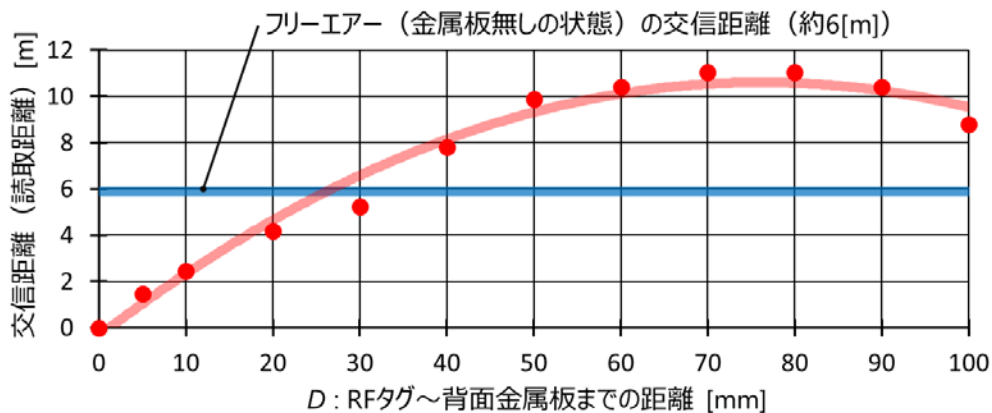
(図 3-5) に、RF タグと背面金属とのそれぞれの距離における、送信波と反射波、そして合成波の概念図を示す。



(図 3-5) RF タグと背面金属との距離における送信波、反射波、合成波

実際は反射効率などでこの図の通りとはならないが、距離 $D = 0$ [mm]、つまり直接貼付した状態では、送信波と反射波が反転位相となり合成波のエネルギーは失われてしまう。そこから、距離をすこしずつ離していくことで合成波のエネルギーが増えていき、波長の $1/8$ ($\lambda/8 = 41\text{mm}$) 離れたところから、合成波が送信波と同じエネルギー量となる。それ以降は増幅され、波長の $1/4$ ($\lambda/4 = 81\text{mm}$) のところで最大となる。

管理対象から 40 mm 以上離れたところへ RF タグを配置することは難しいが、 10 mm 前後離して使用することが可能で、長距離の交信距離が不要な条件であれば汎用 RF タグを金属物品の管理として選定することができる。



(図 3-6) 汎用 RF タグの背面金属の影響測定例

(図 3-6) は、汎用 RF タグの背面に金属板を配置し、金属板との距離を変化させながら 920MHz における通信距離を測定した結果である。測定した汎用 RF タグは、フリーエア（金属板が無い状態）では約 6m の通信距離性能がある。直接金属板へ貼付した状態（D = 0 mm）では通信することができなかったが、5 mm、10 mm と距離を離すことで通信距離が伸びていき、(図 3-5) と同様に、波長の約 1/8 離れたところでフリーエアの性能となり、波長の 1/4 離れたところで増幅効果が最大となった。

このような背面金属の反射波の影響は、どの RF タグについても発生する。金属対応 RF タグは RF タグを直接金属へ取り付けた場合の影響を軽減（または利用）する調整をしている。従って、金属から 10mm、20mm など少し離れた位置では通信距離性能が大きく低下してしまう場合があるので注意が必要である。

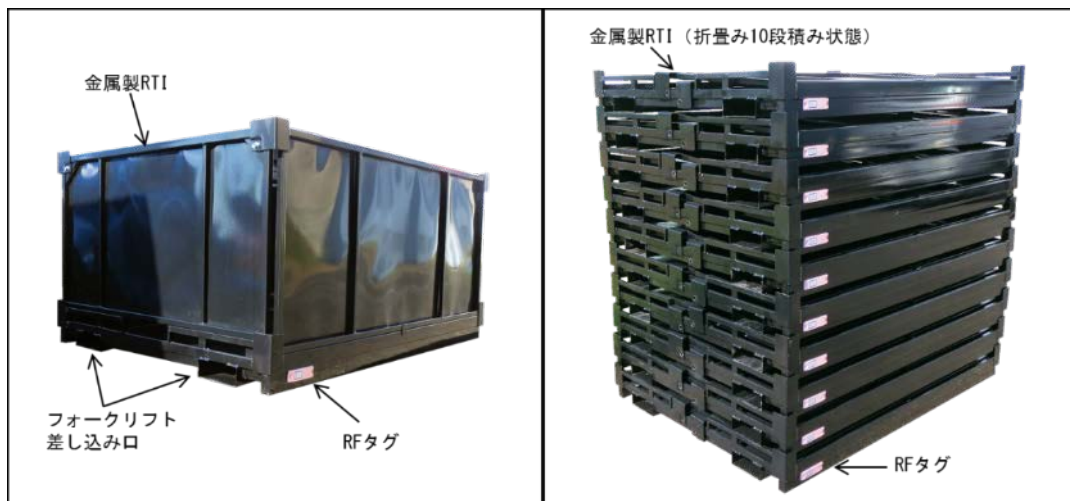
3.4 RF タグの実際の取付例とチェックシート

実際の取付場所の選定について、2015 年、2016 年（平成 27、28 年）の「金属製循環型物流機材（RTI）用 RFID に関する国際標準化」で行った実証実験の結果を参考までに記載する。この実験における管理対象は (図 3-7) の金属製ボックスパレットで、機械部品の輸出用容器として使用される。輸出時は部品を積載して (図 3-7) の状態で搬送され、容器返却時には折り畳まれる構造である。



(図 3-7) 管理対象：金属製ボックスパレット 1500×1100×750mm 80 kg

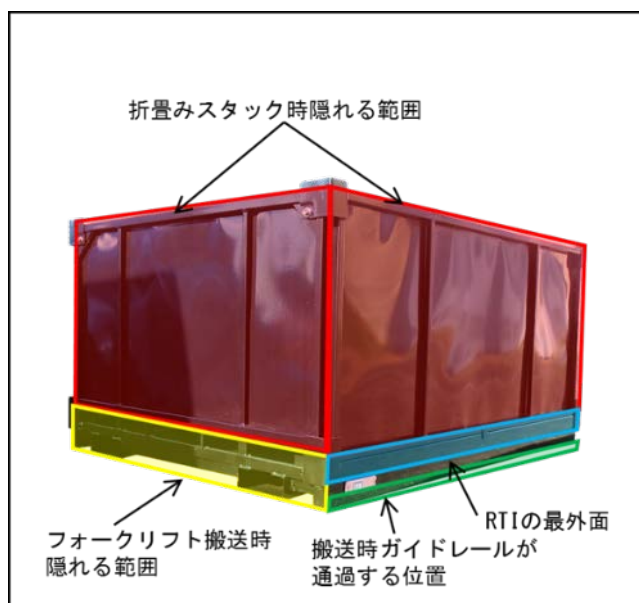
RF タグは (図 3-8) の位置へ両面テープで貼付して実証実験を行った。取付位置の条件としては、パレットを組み立てた状態と折り畳んだ状態の両方で通信が可能な位置で、搬送時に衝突が無いこと、そして、海上コンテナ積載時にコンテナの壁に擦らない様に、パレットの最外寸から RF タグがはみ出さないこととした (図 3-10)。



(図 3-8) 金属製ボックスパレットへのRFタグ取付位置



(図 3-9) RFタグ取付位置(拡大)



(図 3-10) RFタグ取付可能位置の検討

ここでは、金属対応 RF タグを両面テープで貼付しているのですが、固定用ボルトやリベットが交信性能へ影響を及ぼすことは無かった。しかし、(図 3-9) のとおり、RF タグの上部に金属製の角パイプが迫り出している位置となり、この影響で交信距離が低下した。また、床面に近い配置となったため、床面からの反射波の

影響も受けて最下段の RF タグの交信距離が大きく低下した。

(表 3-2) は、RF タグの取り付け方法、位置を決定する際に検討すべき項目をまとめたチェックシートである。

(表 3-2) RF タグの取り付けチェックシート例

項目	確認項目	✓	備考
①落下防止	確実な固定方法か	<input type="checkbox"/>	
	取り付け耐性はあるか (耐用年数、屋外、温湿度、振動・衝撃、紫外線、塩害、摩耗性、薬品耐性など)	<input type="checkbox"/>	
②交信影響	交信影響項目 (周辺物、構造、運用条件) を確認したか	<input type="checkbox"/>	
	周辺物の交信影響確認を行ったか (金属、液体、誘電体)	<input type="checkbox"/>	
	構造の交信影響確認を行ったか (凹み、ガードなど)	<input type="checkbox"/>	
	運用条件下の交信影響確認を行ったか (交信場所 (壁・床、周辺物)、気候、水滴・泥付着など)	<input type="checkbox"/>	積載物の有無、折り畳み構造なども
	その他交信に影響を与えるものが無いか	<input type="checkbox"/>	
③破壊防止	RF タグの破壊防止を検討したか	<input type="checkbox"/>	
	IC 保護はされているか (衝撃が加わらない構造か)	<input type="checkbox"/>	
	RF タグへ衝撃・衝突は無いか	<input type="checkbox"/>	
	RF タグが擦れる位置では無いか	<input type="checkbox"/>	
	取り付け対象物の全工程を確認したか	<input type="checkbox"/>	
④取付け工数	取り付け方法、工数を確認したか	<input type="checkbox"/>	
	取外し・交換方法、工数を確認したか	<input type="checkbox"/>	
⑤視認性	視認性は高いか (あるいは低い)	<input type="checkbox"/>	
	紛失 (脱落) 確認方法を検討したか	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
⑥運用性	誰がどこで (どの工程) で取り付けるのか	<input type="checkbox"/>	
	誰がどこで (どの工程) で交換するのか	<input type="checkbox"/>	
	工数・費用を確認したか	<input type="checkbox"/>	
	工数・費用を ROI 確認条件に含めたか	<input type="checkbox"/>	
⑦その他	その他、案件特有の注意点はありますか	<input type="checkbox"/>	

樹脂管体の金属対応 RF タグを金属製パレットへ取り付けることを前提としているが、前述の実証実験の際に取付工数の計測を行っているので参考として掲載する（表 3-3）。

（表 3-3） RF タグの取付工数計測結果

固定方法	工数項目	工数内容	5 個分 工数	工数/個
ブラインド リベット	既存 RTI 取り 付け	通し穴加工 +取り付け	0:42:25	0:08:29
	交換作業	取り外し +取り付け	0:28:35	0:05:43
	穴加工	通し穴加工のみ	0:20:00	0:04:00
	取り付け	取り付けのみ (穴加工済みの RTI へ取り付け)	0:22:25	0:04:29
	取り外し	取り外しのみ (RTI 廃棄時など)	0:06:10	0:01:14
ボルト留め	既存 RTI 取り 付け	タップ加工 +取り付け	0:18:25	0:03:41
	交換作業	取り外し +取り付け	0:04:20	0:00:52
	穴加工	タップ加工のみ	0:15:20	0:03:04
	取り付け	取り付けのみ (タップ加工済みの RTI へ取り付け)	0:03:05	0:00:37
	取り外し	取り外しのみ (RTI 廃棄時など)	0:01:15	0:00:15
両面テープ	取り付け	取り付けのみ	0:03:50	0:00:46
	交換作業	取り外し +取り付け	0:04:38	0:00:56
	取り外し	取り外しのみ (RTI 廃棄時など)	0:00:48	0:00:10
金属製結束 バンド	取り付け	取り付けのみ	0:08:10	0:01:38
	交換作業	取り外し +取り付け	0:09:15	0:01:51
	取り外し	取り外しのみ (RTI 廃棄時など)	0:01:05	0:00:13



（図 3-11） RF タグ取付作業（左からリベット留め、ボルト留め、両面テープ、結束バンド）

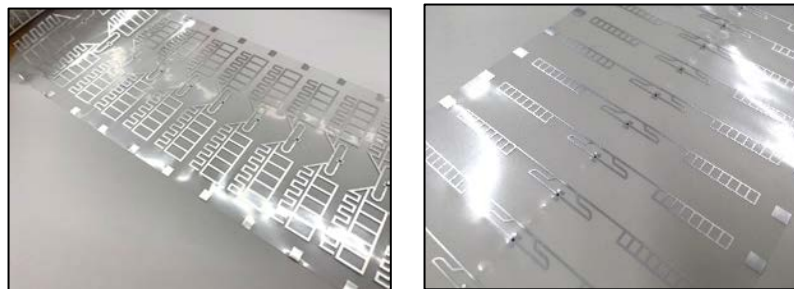
3.5 水分の影響を回避する RF タグについて

内容物が液体類のペットボトル、瓶に入った飲料水やシャンプー等を RF タグで管理する場合に、液体による電波の減衰、拡散、また液体と RF タグアンテナとの電氣的結合のインピーダンス特性の乱れによって交信が妨げられることが発生する。例えば、RF タグが貼付された液体容器のデータをリーダライタ（アンテナ）で読取る際に、リーダライタ（アンテナ）から見て、複数個の容器が重なって並んでいたり、貼付した RF タグが容器の裏面にあつたりする場合、RF タグに到達する電波強度が減衰し、この電波を搬送波として返信された信号も同様に減衰するため、読取り感度が著しく低下する（図 3-12）。

これを改善するには RF タグを容器に取付ける際、容器との間隔を空けるか、容器との間に磁性シートを入れる等の対応が必要となる。なお、最近は液体対応の RF タグもリリースされているので、そのような RF タグを使用することで水分の影響を回避することができる（図 3-13）。



（図 3-12）液体容器による RF タグの読取りの影響の例



（図 3-13）液体対応 RF タグの例

3.6 インベントリフラグとセッション機能

「2.5 読取りデータの重複に対する考慮」でセッション機能について触れたが、ここでは詳細な動作仕様について解説する。

UHF 帯パッシブ型 RFID は、インベントリフラグというフラグを持っている。インベントリフラグとは、RF タグがすでにインベントリされた（読取られた）状態か、まだインベントリされていない状態かの状態を示す機能である。読取られていない RF タグのインベントリフラグは A、インベントリされると B に変化し、

一定時間が経過すると自動的に A に戻る。このインベントリフラグを B から A に戻すタイミングを制御するのがセッションである。

■セッション S0

RF タグの IC の電源が ON になるときに A がセットされ、インベントリされたタイミングで B に変化する。電源 ON の期間中フラグ B が保持される。

■セッション S1

RF タグの IC の電源が ON になるときに、「永続時間」よりも時間が経過していたら A がセットされ、経過していなければ保存された値に応じて A または B がセットされる。インベントリフラグは永続時間に応じて経過すると A に変化する。

永続時間は、公称温度範囲で $500\text{msec} < \text{永続時間} < 5\text{sec}$

■セッション S2、S3

RF タグの IC の電源が ON になるときに、「永続時間」よりも時間が経過していたら A がセットされ、経過していなければ保存された値に応じて A または B がセットされる。インベントリフラグは電源 ON の期間中 B が保持され、電源 OFF より永続時間経過後に自動的に A に変化する。

永続時間は、公称温度範囲で $2\text{sec} < \text{永続時間}$

リーダライタは、インベントリフラグが A、B またはその両方を指定して読取ることができるが、機種によっては未対応の商品もある。そのような商品や通常（デフォルト）では A のみを指定する。

第4章 システム構築上のポイント

本章では RFID に代表される自動認識システムを最大限に有効活用するために必要となる業務情報システムの在り方について概説する。製造業の各企業は、長年構築し運用し続けてきた業務情報システムを有しているが、自動認識システムを導入するからと言って、システムを抜本から刷新することは現実的ではない。

そのため、既存の業務情報システムと自動認識システムを上手く結合し連動させていくために有用な方法が「疎結合型」のシステム構成であることを解説する。また、自動認識システムを起点として、企業の事業形態を変革していく DX（デジタルトランスフォーメーション）への応用についても紹介する。

RFID システムを上手く活用するにあたっては、GS1 の全体包括的で先進的なブロック化されたアーキテクチャと、そのブロック間を疎結合に連動させる構造化され列挙型化されたメッセージ設計が大いに参考になる。ただし、GS1 規格はそのシステム内において ISO 系の自動認識識別子を取り扱わない仕様となっているものがあるため、ISO 系コードを主体とする製造業ではそのままでは導入や運用に問題が発生する場合もある。

ISO 系の自動認識システムは、無線電波が関わる RF フィールドシステムより上位の業務情報システムに関わる技術標準の整備がまだ十分に進んでいない。そのため、製造業に最適化されたトータルシステムのスコープを ISO 規格に沿って解説することは難しい。各企業は自社の現状に即して自動認識システムを業務改革に取り込んでいくことになるが、この際には GS1 のシステム構成思想は大いに参考になる。

自動認識システムに従事する技術者は RFID 等のフィールドシステムのエキスパートとして活躍することが本務であるが、社内の業務情報システム部門と密接に連携して業務改革を推進する人的エンジンでもある。また、上位システムの有り様について知見を深めることは、フィールドシステムの企画・設計開発・運用においても大いに役立つ。そして、業務情報システムの改善の際は、RFID を取り扱う現場のみならず、識別子に因る業務トリガーが業務改革を引き起こす発火点であることを具申し牽引する立場ともなる。

なお、本章の後半ではサイバーセキュリティについて紹介する。これは、RFID システムは昨今喧伝される IoT（Internet of Things）の最たるものであり、RFID システムをサイバーセキュリティ上、堅固に維持することは自動認識システムに従事する技術者にとっても必須な事項であると考えられるためである。このサイバーセキュリティ対策は疎結合システム構成とすることでかなり堅固に構築できる。ただし、それ以外のネットワーク管理的な注意点も幾つかあるため、特に構成上と運用上のその要点を述べる。

4.1 RFID による DX 実現

DX（デジタルトランスフォーメーション）とは、特定の作業指示や業務記録を紙の伝票のやり取りから単にデジタルで行う「デジタイゼーション」とは異なるものであるとの認識が重要である。ただし、デジタイゼーションの無いところには DX は成り立ち得ない。業務状況が全てデジタルデータとして記録され、交換され、蓄積されていなければ、そのデータをトリガーとした業務と業務のダイナミックな連動は成立し得ない。

製造業における DX は、企業活動全体がこのデジタルトリガーで自発的に連動する基盤の上でのみ成立する。よく引き合いに出される事例として、顧客に引き渡した後のジェットエンジンや建設機械の稼働状況を IoT で常時監視し、その稼働状況に応じて保守機会を提供するサービス化が製造業の DX の一つの姿とされる。しかし、ここでも個品を一意に識別し、個別にその状態をセンシングして、それぞれに適切に処置を施すことの積み重ねで成り立っている。

4.1.1 RF タグを起源とする IoT

IoT デバイスは、MIT での起源に始まるセンサやアクチュエータを付属させ、それなりの処理能力を持ったマイコンおよび自発通信機を搭載した「超高機能型」RF タグと捉え直すことができる。

(表 4-1) MIT Auto-ID センター (現 GS1) による RF タグのクラス定義 (2007 年以前)

クラス	通信電力方式	機能の概要
0	パッシブ	製造時に ID のみ書かれるリードオンリー (実質これまで実用化されていない)
1	パッシブ	出荷後に一度だけ ID を書き込めるライトワンス (現在は “Class 1 Generation 2” に移行済みで普及)
2	パッシブ	リライタブルで暗号化機能などを提供 (ほとんどの機能が “Class 1 Generation 2” で実現済み)
3	セミパッシブ	センサ用などに電源を持ったパッシブ (いわゆる “IoT” の原型)
4	アクティブ	タグ間で相互通信ネットワークが構築できる (この更に高機能型が “IoT Edge”)
5	リーダー (ライター)	パッシブタグに電力を供給する (本質的には、これも 「RF タグ」) アクティブ RF タグとはネットワークを構築可能

(表 4-1) のクラス 3 は「センサ&バッテリー」タグとも呼ぶ。これには物理量計測装置と自発通信機能を持つ高機能 RF タグが含まれる。これは USER メモリに計測データが RF タグ自身の作用として蓄積され、これを読み取ることで RF タグが貼付された物品の状態を時系列的に知ることができるというものである。

さらにはクラス 4 に情報処理機能を持つ今日の IoT エッジに相当する超高機能 RF タグも提唱されていた。この状態通知をアクティブ通信で常時化したものが今日のセンサエッジに他ならない。逆に状態を讀出すのではなく、USER メモリに保持データを書込むことを RF タグに付帯させたアクチュエータに指示コマンドデータを送るという形で応用することにより、アクチュエータ エッジに動作を指令することにつながる。これは遠隔にあるロボットを操作することと何ら変わらない。

このように IoT エッジは高機能化させた RF タグだと解釈すれば、ほぼ全ての IoT エッジ全般を理解することができる。当時これらが普及しなかったのは単純に当時の調達と配備のコストの問題だけであり、IoT という用語自体、この時代に Auto-ID センターから提唱されたものである。今日の IoT の隆盛は、その後の安価で広範で堅牢ないしは広帯域のネットワーキングと、いわゆる “AI” と意図的に混同されるデータ分析処理の普及に負うところが大きい。当時の遠大な構想がようやく日の目を見つつある。

IoT エッジから通知される機器の状態通報やそれへの応答としての遠隔制御などは、本質的には RFID の無線通信と何ら変わらない。製造現場ではこの通報をトリガーとして補修部品の在庫状況確認から配送計画、および保守員の派遣等、対象機器の状態に応じたリソース配備が自動的に計画され執行されている。なお、これらはすべての事業資源がどのような状態にあるかデジタイズされていなければ実現しない。

4.1.2 企業間データリンクによる DX

DX は自社内の業務構造改革に留まらない。顧客やサプライヤは自社の外側に存在している。これらの外部パートナーとデータ交換で自社業務を連動させていくことをここではデータリンクと呼ぶこととする。

将来的にどのようなビジネスモデルに企業を転換させるかについてはここでは言及しないが、自社や顧客、

サプライヤが蓄積するデータが事業体を越えて連結することで、多様なビジネスモデルが「見えてくる」可能性があることは覚えておいて欲しい。

さて、サプライチェーンの上下を結ぶデータ交換は、一般的に EDI (Electronic Data Interchange) として既に広く行われているが、今後は事業状況を上下、あるいは第三者にまで開示して、企業活動の神経網が自社の外側にも達するようになることが十分に予見される。ただし、これには事業機密の保全とサイバーセキュリティの問題が常に付きまとうため、これらへの配慮と対策がますます重要となる。

EDI は、その起源をテレックスに持ち、VAN (Value Added Network) と呼ばれた固定長電文や現代の ebXML 規格を業界ごとに独自拡張した XML 系 EDI など多様なものが存在している。ISO/IEC 系統においても ISO/IEC 15434 を利用した固定長系の EDI が存在するが、XML 系の EDI に置き換わりつつある。

消費財の流通業においては GS1 の “eCOM” と称される XML EDI が広く使われている。日本国内の製造業等においては電気電子工業界の E-Calga を原型とした XML EDI の業界ごとの標準も普及している。しかし、全産業を横断して直通できる EDI 基盤がないため、自社が関わる業界ごとに EDI システムを導入することが避けられない。

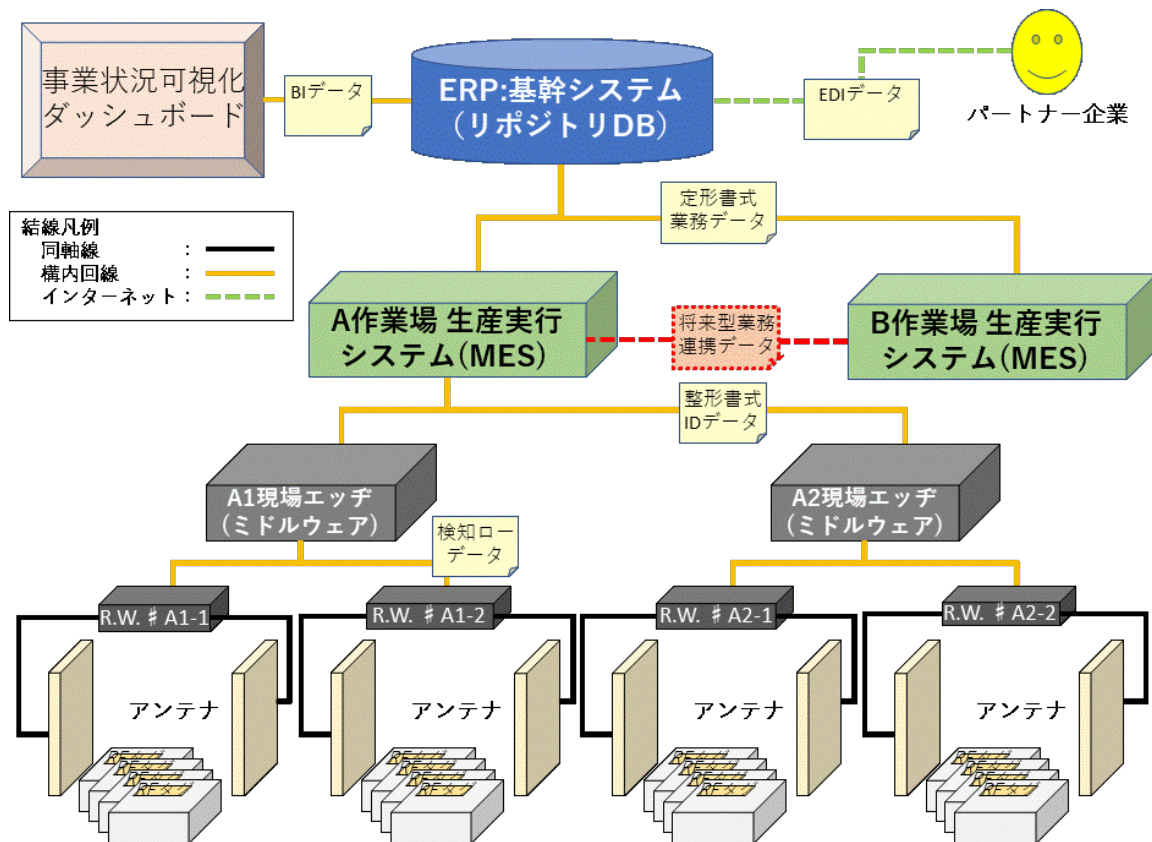
一方で構造化データは XML の規格として別のスキーマに変換マッピングする手法が提供されている。ただし、これによっても直通には変換できない項目の組み合わせもあるため注意が必要である。

4.2 業務情報システム

RFID に代表される自動認識システムを導入することによってもたらされる最大のメリットは、達成すべき業務についての「情報」と目の前に出現した「物品」が強力に一体化されることにある。これを自動認識技術の世界では「情物一致」と呼ぶことは先に述べたとおりである。物品が出現することで何の業務が遂行されるべきか、あるいは逆にその物品が出現しないことで如何なるリカバリが取られなければならないかが RFID の読取りという作業を起点に迅速に判断されるようになる。より現代風に IoT 化された RFID においては、搭載したセンサにより物品の過去と現在の状態を物品自身から報告させ、その状態に応じた適切な措置をとることもスコープに入る。アクチュエータを搭載している場合は、上位システムからの指令を受けて温度状態を変えさせるとか、場合によっては待機場所に自走させるといったさらに高度な業務の自動化も実現可能となる。

4.2.1 システム構成の参考例

(図 4-1) は、RFID を起点とした業務情報システムの参考例である。これは流通業を中心に利用されている GS1 規格を母体としているが、GS1 規格は固有のシステムブロック名称を使用しており、また各段階で取り扱うデータ形式を GS1 規格固有のものと規定しているため ISO/IEC 15459 系のデータ書式を取り扱えない部分を含んでいる。そのため本書では、これを応用的に読み替えて、より一般的に解釈できるように書き換えた。



(図 4-1) RFIDを起点とした業務情報システムの参考例

(図 4-1) を下層から概説する。RF電波で交信するRFタグとアンテナ、および同軸線で結線されるRFタグとアンテナについては前節までに説明済みなので、本節では触れない。

最下層には取り扱う物品に貼付された無数のRFタグがあり、これと交信するアンテナが一つの作業スポットに複数配置され、このアンテナ群を一体とした動作させるリーダーライタ (図中では“R.W.”と略記) が存在する。これが現場システムの最もプリミティブなエレメントである。この図では設置型大型アンテナを有するリーダーライタのみを挙げているが、これはハンディ機の場合もある。

なお、RFIDに限らず、2次元シンボルリーダ、ひいてはコードを人間が目視して打ち込むキーボードであることも有り得る。こうした物理的手段に拠らず上位システムから見ると自動認識技術全体が等価的に取り扱えるように構成することもできる。この考え方はGS1のALE規格書の記述に倣うものである。

このように自動認識技術を統合的に取り扱えるようにしてくれるのが、その上層に位置する「現場エッチ」である。これはPLCないしは安定的かつセキュリティ的に安全な環境に置かれた産業用PCで物理的には構成される。

この現場エッチに「ミドルウェア」と総称するソフトウェアを搭載することで、こうした自動認識の物理手段ごとの違いを吸収するとともに、一つの作業場所として一体に取り扱うべき (あるいは区別すべき) 複数のリーダーライタを一括してコントロールすることができる。このミドルウェアの典型例はGS1が規定しているALE (Application Level Event) ミドルウェアである。

■ Application Level Event (ALE) ミドルウェア

- ・複数台のリーダライタのデータの束ねや重複読取りの解消が簡単にできる
- ・2次元シンボル自動認識も簡単に混在させられる
- ・ISO規格の物品コードも取り扱える（ただし市販ミドルでは例外的）
- ・上位システムを現場構成に影響されにくくできる
- ・仕分けダイバータ等が簡単に組める

ALEはGS1の規格ではあるが、後述のEPCISとは異なりGS1 EPC規格以外の識別子も取り扱えるように設計されている優れたものである。さらにALE規格はリーダライタ以外の機器から上がってくる識別子データも統合的に取り扱うことが規定されており、その一つに手で打つキーボードからの信号さえも含まれており、当然ながら2次元シンボルやバーコード類からの信号も一括して取り扱える。しかし、一般的に供給されているALEミドルウェアの多くはGS1認定を取っていないながらも、EPCのRFタグの読み書きだけに機能を制限しているものがある。

参考までに、JAISA会員企業の中には、ISO/IEC 15459系の識別子も本来定義どおりに動作させられるALEミドルウェアを供給している企業があり、こうしたミドルウェアを導入することにより、全体の構成と電波チューニング作業をシンプル化できる可能性がある。

(図 4-1)における現場エッジは、その1階層上の作業場管理機に相当する「MES (Manufacturing Execution System : 生産実行システム)」に複数束ねられる構成にすることが望ましい。このMESは産業用PCを現場設置することで構成されることが多いが、クラウドに集約構成される場合もある。その際にどちらの方式を選択するかは慎重に見極めが必要である。一般的には後述のERP (Enterprise Resource Planning system : 基幹システム)と一体化されたクラウド集約の方が合理的とされることが多いが、通信途絶による業務遂行が不能となる事態の潜在リスクを抱えていることに注意する必要がある。

例えば化学プラントのように、現場の状態が自己収束的に制御できないと連鎖爆発事故が起きるなど深刻な事態を招きかねないシステムにおいては、最低限、この階層では事業所内に個々に情報システムを置くべきだとする業界もある。集中型のセンタとの通信途絶は、事業所全体を壊滅させる事態につながりかねない。逆に事業所自体が災害的に脆弱な立地に在る場合、罹災と共に被害がより深刻になるケースも有り得る。ただし、遠隔化することは事業所から集約センタまでの通信トラフィックの中身が大して価値のない「低級」Big Dataだらけになり、現場業務を円滑に回すために過剰に太い通信回線を外と引かざるを得ないことを理解しておく必要がある。そして、これには当然ながら維持コストが嵩むことになる。

また、この作業場管理機はさらに上位階層となるERPにデータリンクされ、(図 4-1)で「リポジトリDB」と表記した基幹データベースシステムが搭載されることが一般的である。リポジトリDBには事業状況としての価値あるデータが集積され、そのデータを統計的に解析することで（異常事態の発生アラートを含めて）企業の事業状況を経営層が一目瞭然で直接に判断できるBI (Business Intelligence) データが生成されるとともに、これを可視化するダッシュボードのサーバともなる。さらにはサプライチェーンの上下をデータリンクするEDIデータの送受信ゲートウェイともすることが行われる。

4.2.2 GS1 EPCIS 規格概説

ここでは、GS1のEPCIS (EPC Information Service) 規格を概説する。

当規格の詳細は、GS1の日本における代表機関GS1 Japan（一般財団法人流通システム開発センター）において、次のURLリンクで公開されている。

■GS1 Japan : EPCIS

<https://www.dsri.jp/standard/epc/epcis.html>

GS1 Japanは日本国内でのEPCIS規格の利用の便を図るため、同規格の日本語訳を提供している。これは上記Webページからダウンロードを申請して入手できる。ただし、正確にEPCIS規格を利用したい場合は、GS1国際本部が次のURLで公開している規格書原本を正本として参照する必要がある。なお、日本語訳はあくまで参考版であるとされるので留意されたい。

■GS1 EPCIS and Core Business Vocabulary (CBV)

<https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/EPCIS-Standard-1.2-r-2016-09-29.pdf>

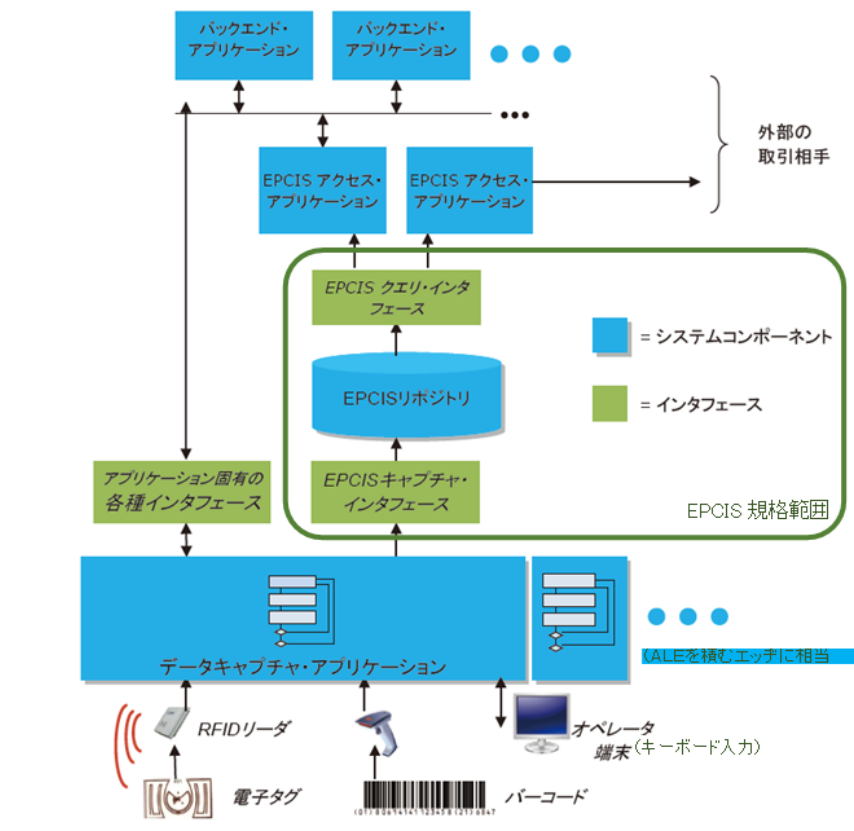
なお、本節ではGS1 Japanが配布している日本語参考訳を部分引用して説明する。

(図 4-2) はGS1 のEPCIS規格書の日本語参考訳 15 ページ、「2.6 典型的なIT環境の中のEPCIS」の節からそのまま引用して、EPCIS規格の規定範囲を示すために補筆した図である。この図は本書の「図 2.18.1 : RFIDシステム全体概念図」と酷似している、と言うよりも図 2.18.1 は、この図を製造業で広く使われている業務情報システム中の構成ユニットの名称に置換えて対象読者に馴染みやすく改作したものである。EPCISを中核としたGS1の自動認識情報システムの基本構成は、これまでに述べたように階層的な疎結合構成により、サイバー安全を含めた堅牢性と拡張性に優れた設計となっているため、GS1規格のIDを使用しない製造業においても、全体的なシステム構成を考える上で大いに参考にすべきものである。

EPCIS規格自体は、図の「EPCIS キャプチャ・インターフェイス」と上側にある「EPCIS クエリ・インターフェイス」と名付けられたいわゆるAPI (Application Profile Interface) だけで構成されており、データベースシステムに相当する「EPCIS レポジトリ」と「データキャプチャ・アプリケーション」および「EPCIS アクセスアプリケーション」についての実装や動作については何も規定していない。

しかし、EPCIS規格の中核である上下のAPIについては、完全に厳密なXML形式でのデータフォーマットが規定されるとともに、その書式内に書ける値域も次節に概要を紹介する“GS1 Core Business Vocabulary”として厳密に規格化されたW3C規格のURI (Unified Resource Identifier) で記載することが規定されており、一部の項目のデータ表記はURIをより厳密に一意識別するIANAの保護領域化に特許されているURN (Unified Resource Name) で記載することを規定している。

EPCISのAPIで交換されるデータは、GS1が「4つのディメンジョン」と呼ぶ“What”、“When”、“Where”、“Why”の概念からなる構造化データとして規定され、それぞれの詳細事項を包括的に検索するための厳密なXMLで規定されたクエリ・コマンドから成り立っている。また、これらを交信するためのネットワークプロトコルについてもGS1の他のEDI規格に則って規定されている。この4つのディメンジョンで構造化される自動認識識別子を持つ物品の取り扱い記録は「EPCIS イベント」と呼ぶXML構造化文書の断片として囲み枠上下のインタフェース上で交換・検索される。またEPCISレポジトリと呼ぶデータベース内に、このXML構造化文書を完全に再現できる形のDBスキーマに変換されて格納される。



出典（一部補筆）：GS1 Japan

(図 4-2) EPCISと周辺システムの概要

(表 4-2) GS1 EPCISが規定する「4つのディメンジョン」

ディメンジョン	用途概要
What	記録に記載する物品の識別子を表すグループ 個品に限らず階層貨物の容器となるRTI等も含む ただし基本的にはEPC規格をURI (URN) 表記したものしか記載できない
When	記録が作成された日時を表す 国・地域ごとの時差を反映したローカルタイムでも書ける
Where	記録が作成された場所または記録対象となった物品の取り扱い後の所在を表すグループ ただし基本的にはGS1 規格の事業所コードをURI (URN) 表記したものしか記載できない
Why	その記録が作成された取扱業務の種別と取り扱い結果の種別または、 その業務に関連する付帯伝票の識別子を表すグループ ただし基本的にはCBV規格で規定する単語をURI (URN) 表記したものしか記載できない

(表 4-2) に出て来るディメンジョンには“Who”に相当するものが含まれていない。よく5W1Hという表現を使うが“How”に相当する物も無い。これはGS1の思想を反映したものであるため、これらを業務情報として取り扱うことを意図的に避けたためである。

Whoに関する事項を取り扱う要請として「取り扱い作業」を併記することを求めるケースがある。これに関しては海外での雇用・労働慣行に関わる機微な情報項目として記載しないこととなっている。ただし、

これはあくまでもGS1のルール通りに導入する場合の制約なので、これを参考として自社システムを構築する場合は、必要に応じて拡張することができる。なお、このような背景があるため、その導入にあたっては自社の労使での協議などの円満な手順を踏む必要がある。

また、一方でその業務記録が誰のために作成されるのかを記載することもWhoの一部とみなすこともできる。これはこの業務記録が社外の第三者のための作業であることを示唆する場合がある。しかし、GS1規格ではその情報の機微性について十分に検討が進んでおらず、それについての見解は形成されていない。なお、これについてはセキュリティについての解説の中で改めて取り上げる。

Howについては、GS1は「マスターデータ」と呼ぶ別の規格で規定している。たとえば、その作業を記録する作業場所ではRFIDを使用しているのか、2次元シンボルを使用しているのか、あるいは可読文字を作業員がキーボード入力しているのかといった記録手段について、このマスターデータに静的・固定的な説明情報として分けて記載することがGS1では定形化されている。また、Whereディメンジョンに書かれる場所情報は、マスターデータを検索するシステムに引き渡すことで、これらの静的な情報を即座に取得するようにEPCISは設計されている。

WhoやHowの事項を一体的に取り扱うことを便宜的に補う方法として、別のデータへのインデックスリンクを付記する“Transaction”の項目を活用する方法がある。この外付けとなる一意識別ドキュメントを付帯させることで、そこにIoTセンシングデータや動作指示を記載することもできる。この付帯データはRFタグのUSERメモリに保持させることも考えられるが、ISO系の現行規格では、こうしたXML構造化文書をUSERメモリに記載するようにはなっていないため、将来的に規格の改訂が必要となる可能性もある。

これらのデータ記述方式は、厳密に書式が規定された列挙型の値域を取ることが規定されているため、その書式に合致するか容易にパズできる利点を備えている。これによりRFIDシステムからのマルコードの侵入をかなりの確度で阻止する機会が得られる。しかし、一方でこれらの記載内容は、GS1の発行するカンパニー・プレフィックスを必須とし、GS1がIANAから特許されているURNの下位ブランチとして記載することを要求するものとなっている。後述するCBV規格において、一部、例外的な書き方を許容する項目も規定されているが、ほとんどの項目はこれへの厳格な合致が必須とされているため、GS1コードを使用しない製造業の企業等においては使い難い面もある。

(表 4-3) は、EPCISが規定するRFIDの取り扱いを記録する形式の区分であり、これらを“Event”という概念で一括的に取り扱う。すべてのRFIDの識別子を与えた物品の業務上の取り扱いは、このいずれかの形式のXMLデータとして記載され、キャプチャ・アプリケーションからEPCISレポジトリに格納される。また、各イベントの記載事項ごとに検索式がXML書式で定義されて、検索式からEPCISレポジトリに格納されているイベントデータを取り出す上位ユニットがアクセシング・アプリケーションである。

(表 4-3) GS1 EPCISが規定する「6つのイベント」

イベントタイプ	概要説明
EPCISEvent	以下の派生イベントを束ねる抽象クラスで最小限の共通項目を持つ
ObjectEvent	物品の出現と状態や処置を記録する
AggregationEvent	階層的な集合貨物への積載や脱扱の操作を記録する
TransactionEvent	物品に（電子）伝票を付帯または除去する操作を記録する
TransformationEvent	物品を他の物と一体化させる／分離する操作を記録する
QuantityEvent	品種コード単位で物品の数量を数えたことを記録する（廃止）

各Eventデータは整形形式のXMLデータとして厳格に規定され、その中に書くデータ値域も後述のGS1 Core Business Vocabulary規格が規定する同じく整形形式のURI構文で書くことが厳密に定められている。このようにEPCIS規格が取り扱うRFID情報は、整形形式による疎結合データとして巧妙な設計がなされている点で優れている。製造業ではGS1コード体系が使い難い業種があり、EPCISをそのまま採用しづらい場合でも、自動認識業務データの蓄積と交換のデータ構造設計を行う際には大いに参考になる。

Eventデータの中で特に注目すべきなのは、AggregationEventである。これは「パレットに段ボールを積み上げてラップ巻きする」、「クレートの中から1個だけ使う部品を取り出す」、あるいは「コンテナからパレットを全部降ろす」といった集合貨物の状態を変化させた作業内容を記述するために設計されている。これは集合貨物の容器であるRTI等のIDだけしか読めなくても、そのIDをもとにEPCISレポジトリを検索することで、それに積載されている（はずの）物品のIDを取得することができることを意味する。これについては後述する。

企業間で共通なRFID取り扱いデータ記録方式があることは、各企業が自社の情報システムを設計構築する、または導入する際に大きなコストダウンのメリットをもたらす。また企業間データ連携を図る上でも、共通データフォーマットとして直ぐに相互で業務状況を理解できる「共通語」となる。しかし、一方で他社あるいは場合によっても自社内でも、この記録を何の処理もすることなく開示することは重大な企業の危機を招く可能性があるため注意が必要である。EPCISレポジトリを第三者が自在に検索できるということは、その企業の事業活動全体が丸裸にされることと同じである。これによりサプライチェーンを探り出し、そこを横取りして断つ、あるいは供給先を探り出し、そこにダンピング攻勢を掛ける、といった不正競争さえ駆使した企業破壊工作につながりかねない潜在危険がある。これは情報セキュリティの重要な考慮事項であり、企業間データリンクによるDXを実現するにあたっては、こうした情報の機密性管理において十分かつ最善の検討が必要となる。

このようにEPCIS規格は様々な優れた特長を有しており、消費財流通業界を中心に世界的に広く採用され、この書式を反映させたEDIで企業間連携を進める動きもある。しかし、利用にあたってはGS1の様々な規約に合致することを厳格に要求されるという制約があり、製造業においては、そのまま利用できるものか、有用な参考として利用するかを個別に判断する必要がある。

4.3 各階層における交信データ設計と疎結合構成

(図 4-2) では各階層を繋ぐデータメッセージは、上層になるほど整形形式の“XML (Extensive Markup Language)”データ書式、あるいは最近の流行としては、よりオブジェクト指向に合う“JSON (Java Script Object Notation)”で規定することが望ましい。こうした上層下層を正規化されたメッセージだけで接続し、上下各階層それぞれのエレメントの内部構成が接続する相手の内部構成に影響されないようにすることを「疎結合」と呼ぶ。これは複雑化および巨大化していく情報システムの持続的な成長発展を永続的に維持し改善していくために必須の技術視点である。こうした疎結合型の階層化にしておくことで、格段のユニットは過去の経緯に囚われることなく一気にリプレースすることができるようになる。また、これが繋がるインタフェースとしての疎結合データの内容構成と交信プロトコルの仕様書は、その各段システムの内部構成仕様書に比べれば単純明快な小さなものとなる。すなわち、置換える新システムを設計するエンジニアは、この接続仕様を読み込むだけで、交信すべきデータをどう取り扱うか自在に内部仕様を設計できるようになり、世代間の技術伝承を円滑に果たすこともできる。また、JSONのような先進的な交換メッセージ言語を採用することは、

エンジニアの世代交代において世代間の技術文化ギャップを低減するのにも大いに役立つ。

4.3.2 疎結合構成における交信データ設計

ここでは具体的に疎結合として交信すべきデータの概略を解説する。

RF タグのようなデータを格納できる自動認識技術を導入することによるメリットは、物品の存在とその状態の認識に留まらない。ある物品が出現することは、それに後続する業務を自動調整するトリガーであることを強く意識するべきである。

物品が到着して満足な状態にあるという事実を出荷元に迅速に伝えることは、サプライチェーン全体を円滑に維持することに大いに役立つ。それにより出荷元は不着や損傷をリカバリするための心配対処から解放され、後続や他の出荷業務に専念できるようになる。

物品の出現は、後工程の調整を自動化するトリガーであることが最も期待できる。補給品の不着はライン停止の最も大きな障害であるのは言うまでもない。予定通り到着していることを常時確認できるだけでも計画通りに業務が進行でき、計画修正の手間が必要ない状態であることを示す。さらに進んだ使い方として、物品ごとに後工程の稼働条件を調整する準備を始められることが挙げられる。もちろん工程計画割は非常に高度な業務であり、何が優先されるべきかを述べるのは難しい。しかし、ある物品がその工程前で待機状態にあることが判れば、それに対処するための準備が始められる。マシニングセンタで多品種生産するような機械加工等であれば、工作機械の予定組に合わせて刃物を交換し、加熱条件や回転速度を調節するといった段取りを作業手順スタックにスタンバイさせることが事前にできるようになる。刃物がデポに集約されている場合には、割り当てた工作機械に適切なタイミングで自動配達され、装着される事前準備のトリガーを引くことも可能になる。当然、この加工作業が完了した段階で必要になる次工程への搬出の準備も始められるし、顧客に当該製品の生産状況をリアルタイムに開示することも可能となる。

4.3.3 GS1 CBV の概説

GS1 CBV (Core Business Vocabulary) は、前述のEPCISイベントを記載する、あるいは検索するための「語彙」(ボキャブラリ)として規定されたものである。EPCIS規格は記載または交換データにCBV規定を厳格に適用することを必須要件としている。CBV規定は、EPCISの4つのディメンジョンに相当する、またはそれを補う情報項目の値域としての記載方式の規定および、そこに記載可能な「値」の具体的な「列挙子」とその「解釈」を規定している。これは消費財流通における業種・業界(ドメイン)をまたぐデータ交換において、企業ごとやドメインごとの用語定義の「ばらつき」(発散)を低減するために規定されたことを背景としている。

(表 4-4) にCBVが規定するデータ記載項目の概要を記載する。

これらの事項は、EPCIS規格を母体として規定された経緯から、ほとんどの項目がGS1がIANAから特許されているURN形式の列挙型選択肢およびその下位構造に規定されるデリミタ(意味構造としての区分記号)で区切られた項目の出現順序に基づく個別書式として記載すべきことが厳格に規定されている。

前述の通り、こうした厳格な列挙型選択肢を基地業することはRFIDシステムが取り扱うデータだけでなくEDIデータの内容をサイバーセキュリティ上で安全なものかパズする保安措置において極めて有用なものとなる。しかしながらEPCIS イベントおよびクエリ・コマンド同様、GS1規格に対する厳格な適合を必須とする制約から、GS1規格を採用しない製造業の企業においては使い難い規格ともなっている。ただ一方で、こうした厳格な構造化された列挙型データ値域規定は、サイバーセキュリティに限らない企業内あるいは企

業間でのデータ利用・交換の安全性確保と理解齟齬の低減に大きな効果を発揮する。

(表 4-4) GS1 CBV規定の概要

ボキャブラリ カテゴリ (識別子区分)	使途概要	適合規範
ビジネス・ステップ識別子	物品認識時に遂行している業務種別を書く	標準合致
ディスポジション識別子	業務完了時の物品処置状態を書く	標準合致
ビジネス・トランザクション・タイプ	業務記録に付帯させる (電子) 伝票の種別を書く	標準合致
ソース/ディスティネーション・タイプ	出荷元・出荷先の類別を書く	標準合致
エラー理由識別子	EDI交換時のシステムエラーを類別する	標準合致
オブジェクト	物品の識別子	拡張可能
ロケーション	事業所・場所の識別子	拡張可能
ビジネス・トランザクション	付帯させる (電子) 伝票の識別子	拡張可能
ソース/ディスティネーション識別子	出荷元・出荷先の識別子	拡張可能
トランスフォーメーション識別子	加工処置の識別子	拡張可能
イベント識別子	操作・発現事象の識別子	拡張可能
サイト・ロケーション	事業所・場所の住所表現	GDS規格
サイト・タイプ	事業所・場所の分類表現	GDS規格
サブサイト属性	事業所内の特定域の属性表現	GDS規格
サブサイト詳細	事業所内の特定域の詳細表現	GDS規格

CBV規格は、GS1 の国際サイトで公開されており、下記のように流通システム開発センターで日本語参考訳版が配布されている。GS1 CBV規格の詳細は、下記の原本と、日本語参考訳版を参照されたい。

■GS1 Japan : EPCIS

<https://www.dsri.jp/standard/epc/epcis.html>

■GS1 EPCIS and Core Business Vocabulary (CBV)

<https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/EPCIS-Standard-1.2-r-2016-09-29.pdf>

EPCIS規格に同様、GS1 Japanからは日本語参考訳版は日本国内の利用者の利便のための参考であり、適正な利用のためにはGS1 本部の正本を参照すべきことが宣言されている。しかし、CBV規格は異業種間でも一定程度のデータ内容の意味理解を促すために制定された経緯から、各用語の意味解釈の定義と用例を理解することには、利用者によっては原本においても予想外の難しさが残る可能性がある。また、CBV規格は当初の構想からやや縮退させた構成で制定された歴史がある。これは、同一の「単語」が同国内であつても業種が異なると「別の意味での解釈」で定着しており、業種を越えた共通解釈に変更することが難しく、製造業の内部プロセスを各社事情に合わせて巧妙に記述できる単語が整備されていなかったからである。そのため、このような課題を緩和するためにCBVは「ユーザ拡張定義語」を追加できる拡張規約を備えている。そしてこれは共通語同様に規定書式でのURIとして表記するための構文規約となっている。これにより、業界や

サプライチェーン垂直、あるいは自社のインターナルな業務状況の表現が可能となる。

なお、RFIDシステムにおいて記録・交換するデータの書式を規定する際に、このCBV規格の思想と実装形態は大いに参考となる。特に自社内あるいはサプライチェーン垂直関係、業界規格のデータ共通解釈を達成するに当たっては、CBVの思想を背景として、その「意味解釈」の共通化を厳格に話し合うことは極めて有用なものとなる。

4.3.4 階層的な荷姿構造化データの活用

現行のサプライチェーンにおけるRFID規格は、荷姿階層構造の中身情報を企業を越えて伝達するすべを持たない。これに対してGS1はEPCIS規格という荷姿内容の記述手段を開発している。

EPCIS規格の物品取り扱い記録情報には、何の上位階層IDの物品にどの下位層物品が積み付けられたか、荷解きないしは除去されたかを記述するフォーマットがある。この考え方に基づいた情報システムがあれば、例えばコンテナが着荷しただけで、その中身として何が届いたのかを知ることができる。中身の積み方が縦横高さで整っていれば総個数が簡単に把握でき、上位層の識別子を読むだけで中身の識別子も知ることができるため、個数さえ合えば全部届いたことが判る。それにはロボットカメラで積み上げられた箱を数えるだけで事足りる場合もあり、中身の識別子を全数確認する作業は省ける可能性が高い。

RFIDのメリットとして全数一括読取りできることが挙げられるが、いかなる状況であっても100%の精度で読取るとはかなり難しい。しかし、こうした識別子階層と情報伝達手段があれば、十分許容できる精度で物品の確認を情報の上で実現できる。もちろん、個別の物品を現物確認することがクリティカルな業務である場合はこれは当てはまらない。

ただし、EPCIS規格はGS1のEPC規格識別子だけの取り扱いに特化していて、ISO/IEC 15459系列の識別子を取り扱うことを許さない規格となっているため、製造業が生産工程の合理化用途で利用することが困難である。しかし、EPCISの思想は学ぶべき点が多く、自社の上位情報システムを構築する際の参考となる。部材や原料のサプライチェーンにおいて、企業をまたいでデータリンク化するにあたっては同様に、ISO/IECの業界を超えた場でEPCISがISO/IEC 15459系や他の業界規格識別子も混在して取り扱えるように改訂していくことも必要となる可能性がある。

4.4 システムにおけるサイバーセキュリティ対策

サイバーセキュリティ対策は、自社のDXにつながるデータリンク産業社会に参画する「パスポート」である。

自動認識システムに使用される機器は貧弱な処理能力しか持たないのが普通である。そのため、サイバーセキュリティ対策の基本となる検疫機能をどの段階から持たせるかは入念に考える必要がある。一般的には機器を購入しての導入となるリーダーライタからではなく、ミドルウェアと直列に並べる形で後述するパーザをエッジシステムの段階から搭載することが望ましい。当然、その上位のMESやERPシステムには、このサイバー検疫・除菌機能を絶対に搭載しておくべきである。そのオーバーヘッドを嫌うと企業に損害を与えようとするサイバーテロリストに狙い撃ちされて企業存続が脅かされることも現実的に起き得る。特にEDIインタフェースにおいては、この実装を怠って他社に類焼が及んだ場合、その企業は公害企業以上に社会的に非難され社会から排除されることになる。各企業がこのレベルの安全意識を持たない限り、データリンク社会は極めてサイバー的に脆弱なものとなり、テロリストや敵対国はサイバー攻撃だけで狙う国家を容易に破壊させることができる。

サイバーテロリストは攻撃を企業に気付かせないことが手口であり、EDIを含めたあらゆるデータ交換の段階における常套手段として、この脆弱性を狙っていることを忘れてはならない。そのため、防御側は疑心暗鬼であり続けることが一番大事であり、「自社は未だ侵害を受けていないはず」と思い込むのが最も危険である。厳密な第三者検査を受ければ、必ずどこかに侵害の痕跡がある、あるいは潜伏が発見される可能性がある。

新しい脆弱性は日々発見されるので、継続して定期的に検査し、対応し続けることを怠ってはならない。そして、SIerに個別に開発してもらったソフトウェアも例外ではない。また、業務システムのベンダとはそのシステムの廃却まで関係を維持し、セキュリティ情報を永続的に提供してもらう必要があり、発覚した脆弱性に対するパッチ供給継続の契約も打ち切ってはならない。

4.4.1 RF タグのパスワード機能利用依存の危険性

RFタグは、MB00 (RESERVEDメモリ) に読書きに関するセキュリティを管理するためのデータエリアを持っている。ここに書かれるパスコードは、合致するパスコードを投げるリーダーライターだけに応答する、あるいはパスコードが一致した時だけ書き換えを許す、またはパスコードが合致する指令に基づいて全エリアのデータを消去するといった動作制限をコントロールする機能である。

RESERVEDメモリに書き込まれるパスコードが一番広く利用される用途は、RFタグの“UII”エリアに書かれるIDを“KILL”する、または“LOCK”する機能を利用する際の「秘密鍵」である。これは、RFタグが保持するデータを第三者が不正に書き換えることを阻止する基本的な手段として有用である。ただし、次のように一旦書き込まれたIDやUSERデータが真正であることを保証するものとはならないことには留意が必要である。なお、Gen.2 Ver.2 RFタグでは、セキュリティの機能が強化されている。

このRESERVEDメモリは、単体が保持している格納情報へのアクセスの制限には有効であるが、そこに書かれている情報が「安全」なものかについて証明するものではない。

Gen.2 Ver.1 RFタグでは、書かれている情報がパスコードを知っている特定のプレイヤーに起源することは推定できる。ただし、その書込み/読込みに使われるパスコードが正当に所持されたものであるかは保証できない。

このパスコードが「真正」であるためには、このデータが真正であることを外部証明するための認証局インフラストラクチャによる支援が必要になり、この「デジタル署名」をRFタグ単体の内部に保持する必要がある。しかし、RESERVEDメモリはこれを格納するのに十分な容量を持たないものが多い。また、この真正性をパッシブ型のRFタグ内の演算力で計算するほどの能力を有していない。そのため、たとえこの電子署名を保持できたとしても、リーダーライターでこの情報を呼び出し、より上位のエッチ等で計算しなければ、パスコードが真正かは判断できない。

このパスコードが完全なセキュリティ防御手段にならない最も大きな原因は、パスコードの「総当たり(ブルートフォース) 攻撃」と呼ばれる手法に対して無力であることによる。これは自転車のチェーン錠に使われる数桁ダイヤル式のロックを全部の数字を順に繰り上げて行けば必ず開錠できることと同一のことを指す。もちろん、物品がどんどん流れていく物流の現場で、この総当たり攻撃を実行することは実質不可能であろう。しかし、物品が静止していて放置されている状況では、全パスコードを順に試す時間は十分にある。この隙を狙って物品に接近せずに、RFタグ担体に格納されているデータを書き換え、あるいは書き加えて「マルコード」を格納することは不可能ではない。サイバーテロリストはパスコードが付けられていることであって、この埋め込まれたマルコードが正当なデータだと誤認することを狙っている可能性がある。

4.4.2 リーダライタからの不正侵入阻止

日本国内の正規ルートで販売されているリーダーライタは技術適合検定（通称、技適）を合格した適法品であるが、これを改造することは違法である。また、技適を持たない非正規の製造品ないしは輸入品が保有されていることがある。この不正改造においては非合法に出力を上げるだけに留まらずソフトウェアを改変して、偽装信号を送受信することも容易に達成できる。

前述のように低出力のリーダーライタであっても、電波条件が適合すれば思いもよらない遠隔地点からRFシステムに不正電波を送り込むことができる。特にRFIDはリーダーライタが出した電波に対して弱い電波でバックキャストし、アンテナはこの微弱電波を最大ゲインで拾えるように設定される。即ち、かなり離れたリーダーライタとのタイミングさえ合えば、RFタグではなく、こうした不正改造されたリーダーライタから虚偽の応答信号を容易に送り出して、以下に述べるマルウェアデータを企業システムに侵入させることが不可能ではないことを知っておく必要がある。サイバー攻撃においては、こうした電波の横取りや割込みは普通の攻撃手段として多用されており、これはRFタグであっても例外ではない。

このようなサイバー攻撃の防止策として作業エリアの外に対する電波遮蔽がある。作業エリア外への電波漏洩を最大限低減する措置は不正電波の侵入を阻止する上でも良好に機能する。ただし、これは万全の措置とは言えず、後述するサイバー検疫を施すための前措置に過ぎない。特に、無線系からの侵入はしばしば見落とされがちなので注意する必要がある。

4.4.3 疎結合システム構成のサイバーセキュリティ効用

サイバー攻撃を防ぐには、疎結合システム構成であることが大前提となる。疎結合化することで不正データ通信を多段階で阻止するチャンスが生まれ、企業システム全体に攻撃被害が延焼する危険を排除できるからである。最近のサイバー攻撃は攻撃の入り口に被害を与えることを回避するのが常識となっている。最初に取付いた感染機を「踏み台」として、多段階に乗っ取りを目指す機器を探し出し、目的のターゲットマシンに辿り着く高度な複合攻撃が駆使される。その中間段階で侵害を検知することは専門の訓練を受けたサイバーウォリアと呼ばれるエキスパートでも極めて難しい。こうした事態におけるサイバー侵害の延焼を最小化するには、各段階において通信先は厳密に特定し、これ以外とは通信できないように機器を設定しておくことが大事である。

自動認識システム関連技術者の受け持ち最前線としてはリーダーライタと現場エッジ（ミドルウェア）との間で上下の通信相手を厳密に限定する設定をすることから始まる。これは、最近マイコンレベルでも増えているLinux系OSで動作する機器だと”iptables”と言う最小限のデーモンを適切に設定するだけで簡単で有効化することができる。

機器に動的にIPアドレスを割り当てるDHCPを利用する方が運用が簡単になるとされているが、サイバー防衛の観点からすると逆にオーバーヘッドになる可能性もある。DHCPを安全に運用するためには、個々の機器が物理的な認証手段を持つことが最も望ましい。これには専用のハードウェアを搭載する必要があり、コスト要因ともなる。ただ、その堅牢性は他の手段の群を抜く。そのため、最も厳密にサイバーセキュリティを問われる金融系のシステムは、この方式を採用している。

そして、このハードウェア型の防御システムは自動認識技術の応用範囲にある。この防御システムのベースにあるのはID管理技術であり、これに暗号技術を組み合わせることで成り立っている。これを簡易的に代替するには、各機器に固定のIPアドレスを計画的に割り当て、設計通り以外の機器とは一切通信しないよう

に個々の機器を設定しておく方法がある。これにより“ROOT”権限を厳密に管理することで不正な設定変更を排除できる可能性を高められるが、それだけでは万全の対策にはならない。攻撃者はその裏を掻くことを常に狙っており、通信経路を守るだけでなく、施錠保管する等、機器そのものを物理的に防御することが重要である。

また、自動認識技術の習得を起点に、様々な技術領域を自分の武器として積み上げていくことは、情報処理技術全体を取り扱えるスーパーエンジニアへの途であることを伝えたい。

4.4.4 列挙型データ値域定義の活用

RFIDへのサイバー攻撃対策として一番重要なのは、受信した電波に乗っているデータ信号のパーズングである。

GS1方式のように、交信されるデータの内部、特にそのデータの値域を整形形式で、かつ列挙 (Emulate) 型で規定し、交信データの全段階で守ることは、サイバーセキュリティ対策において大いに役立つ。これにより送信する段階、および特に受信した段階で記載内容データをパズ (各規格の規定書式に合致しているか厳重に検査すること) でほとんどのマルウェア通信を排除できる。この内容検査はGS1方式であってもISO体系であっても何ら変わることはない。照合するコード体系通りに値が書かれているかを逐一検査することに尽きる。この規定の範囲から外れるデータは不正な悪意のあるデータであるとみなすことが企業情報システムを防衛する起点となる。なお、この不整形データには情報システムを機能不全に陥れるマルコードが含まれている可能性が十分にある。つまり、整形形式に沿わないということをチェックするだけでも、こうしたマルコードを早期の段階で排除することができる。

現実的には、以上の対策をしたから十分である、とは言い難い。サイバー攻撃の常套手段として知られる「SQLインジェクション攻撃」を実現するスクリプトには、ほんの数バイトで実装可能なものがある。こうしたマルコードをRFタグ経由で企業内に呼び込むことは絶対に阻止しなければならない。これが発動する可能性が有り得ないように企業情報システムは全てのソースコードを厳重に監査する必要がある。

4.4.5 データ長規定超過による侵害の阻止

もう一つ想定されるRFタグ経由のサイバー攻撃としてバッファ・オーバーフロー型攻撃が想定される。これは、あるデータを受信して項目分解し、上位システムに繋ぎ込んでいくステップにおいて、想定規定以上に大きなデータを送り込み、予定しているダイナミックメモリアドレスを超過して書き込ませることで、その後段に紛れ込ませたマルコードを使用者の意図に反して実行させることで攻撃を達成させるというものである。

RFタグのUSERメモリを読み込む際に、RFID規格が規定しているデータサイズ通りに交信し、格納するようにシステムを組むことで、この攻撃は封殺することが十分可能にできる。なお、ここにおいてもコードレビューが不可欠で、ただコードの字面を追うだけでなく、想定以上の長さのデータを意図的に喰わせてメモリーリークが起きていないことを厳密に検査する必要がある。サイバー攻撃に堅牢な企業システムを構築するためには、自動認識システム関連技術者は関連規格に十分に習熟し、これに忠実にシステムを実装することが何よりの防衛策であることに留意するべきである。

4.4.6 物理的およびスタッフの士気によるサイバー安全措置

最後に、物理的な防御措置とそれに勝る防御について述べる。

アンテナを除き、RFIDに関わる機器は十分な冷却が効き外部電波影響を遮断できる「施錠庫」内に設置することが望ましい。機器を現場に裸で晒すことは極力避けるべきである。これは様々な物理的故障および通信エラーを低減できるのはもちろん、最も大事な防御対象としてのサイバー攻撃を防ぐためにも必要な措置である。どんなに厳重に通信系の防御措置を講じたとしても、機器そのもののハードウェア上の物理インタフェースがむき出しであつては、そこから操作された場合には防御のしようがないという状態となる。どうしても現場に裸で設置せざるを得ない場合は、物理インタフェースを電氣的に殺してインタフェースを容易に開封できないように施錠する、さらにはエポキシ樹脂で筐体繋ぎ部を封印する等、思いつく限りの措置を講じることを推奨する。当然、そうした措置を施した機器は、修理が困難になり故障時は新品ないしは予備機に置換えるほかない。機器が高価である場合は、できるだけ堅牢な格納庫を構え、その中に収容する方が実際には安上がりとなる。ただし、収納庫ごと持ち出し可能等ということはあるとはならない。管理者が気付かない間に盗み出されて攻撃細工を施され、何喰わぬ顔で元通りに復元されて気付かせないような手口さえも想定される。攻撃は常に防御者の想定外であることが上策とされる。ここに書かれている対処を怠っていた場合、これからの産業社会においては、社会責任を果たしていないと厳しく指弾されるかもしれない。

サイバーセキュリティに対する対策を怠った結果、自社は業界から意図的に排除されることも起き得る。攻撃者は常にサプライチェーンの最弱なリングを狙って来る。これを称して「サプライチェーン攻撃」と言う専門用語が規定されている。攻撃者の本当の狙いは、より上位で大規模な企業である。しかしこうした巨大企業は自社には鉄壁の防御網を張り巡らせているのが常識である。一方で、そのサプライヤーであるティア2より下位の企業においては、サイバー防衛はなおざりにされる傾向が見受けられる。攻撃者は、この脆弱拠点を乗っ取ることで、EDI経由で本来目標の巨大企業を段階的に攻略することを企図している。

最後に「人に勝るサイバー防衛は無い」と締めくくりたい。そして、容易に実行でき、かつ効果の高い手段として、自動認識システムに関わる社内チームメンバが「高い志」を維持することを特に挙げておきたい。この「高い志」を欠いてはこれまで述べた様々な防御措置が正しく実行されることは全く期待できない。チーム内の不和はメンバの中に致命的な破壊者を生み出す可能性があることも警告しておく。敵は「彼／彼女」を調略することも常套手段としている。そしてチームメンバ全員が、「我こそがこの会社を支えている」という自負を持てるようにモラル（士気）教育していくことが大切である。

当然ながら、最善の防衛体制を敷くにはサイバー防衛におけるエキスパート級のスキルを身につけることが求められる。しかし、本書の読者は自動認識システムに関わる人と想定しており、本書に書かれている手立てを尽くした上で、対応が難しければ、この筋のエキスパートの支援を求めることが最も賢明な判断であろう。ここで言うエキスパートは外部の協力企業であつてもいっように構わない。ただし、そのカウンターとなるのは、社内システムを知り尽くした自社内のシステム管理者でなければならない。また、自社内にCSIRT（Cyber Security Incident Rescue Team）と呼ばれる「サイバー自衛消防隊」を常設し、その指導を受け続けることも最善策である。なお、自動認識システム協会の会員企業には、このようなサービスを提供できる、あるいはその訓練を施せる企業も居るため、協会に相談することも有効である。

第5章 本ガイドラインに関連する規格・法規・ドキュメント

(1) JAISA UHF 帯 RF タグ運用ガイドライン

UHF 帯 RF タグの運用（導入検討からシステム構築・利活用および廃棄まで）において、日本国内で配慮すべき事項についてまとめているガイドライン。

参照 URL : <https://www.jaisa.or.jp/pdfs/180615/03.pdf>

(2) JIS Z 066x (ISO 1736x) シリーズ

RFID のサプライチェーンへの適用で以下の5つの規格で構成される。

- ・ JIS Z 0663 (ISO 17363) RFID のサプライチェーンへの適用~貨物コンテナ
- ・ JIS Z 0664 (ISO 17364) RFID のサプライチェーンへの適用~リターナブル輸送器材(RTI)及び包装器材(RPI)
- ・ JIS Z 0665 (ISO 17365) RFID のサプライチェーンへの適用~輸送単位
- ・ JIS Z 0666 (ISO 17366) RFID のサプライチェーンへの適用~製品包装
- ・ JIS Z 0667 (ISO 17367) RFID のサプライチェーンへの適用~製品タグ付け

JIS 規格書購入用 URL (日本規格協会) :

https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0390/?post_type=book_common&page_id=b_j_top_riyou

(3) JAISA UHF 帯 RFID 標準コード体系ガイドライン

本ガイドラインでは、UHF 帯 RFID ではユニークな「標準識別コード」が重要であること、及び、ISO や GS1 における標準識別コードの考え方を解説している。

参照 URL : <https://www.jaisa.or.jp/pdfs/170531/002.pdf?v=1.3>

(4) GS1 EPCglobal ネットワークシステムと GS1 EPC/RFID 標準仕様

GS1 で規定している RFID の標準仕様等に関する資料が入手可能。

参照 URL : <https://www.dsri.jp/standard/epc/standard.html>

(5) JAISA 920MHz 帯 RFID 無線局申請ガイドライン

国内において UHF 帯の RFID を使用する際に必要な申請、手続き方法等について解説している。

参照 URL : <https://www.jaisa.or.jp/pdfs/191227/001.pdf>

(6) JAISA 自動認識システム導入事例集

JAISA 会員企業が導入した自動認識システムの事例を集めたウェブサイト。

「業種」「用途」「利用場所」「導入目的」「主要技術」により、簡単に事例の検索が可能。

参照 URL : <https://www.jaisa.or.jp/usecase/search.php>

(7) GS1 Regulatory status for using RFID in the EPC Gen2 (860 to 960 MHz) band of the UHF spectrum 11

February 2020

GS1にて調査・公開されている、各国のUHF帯RFID規定。

参照 URL : https://www.gs1.org/docs/epc/uhf_regulations.pdf

(8) JAISA 金属製 RTI 用 RFID 導入ガイドライン

JAISA の調査・研究活動で作成された、金属製 RTI（主に金属製パレット）の RFID 管理に関する導入ガイドライン。

参照 URL : <https://www.jaisa.or.jp/pdfs/190228/02.pdf>

(参考文献)

- (1) 平成 27 年度（2015） 省エネルギー等国際標準化・普及基盤事業（省エネルギー等国際標準開発（国際標準分野））「金属製循環型物流機材（RTI）用 RFID に関する国際標準化」成果報告書
- (2) 平成 28 年度（2016） 経済産業省委託エネルギー使用合理化国際標準化推進事業委託費（省エネルギー等国際標準開発（国際標準分野））「金属製循環型物流機材（RTI）用 RFID に関する国際標準化」成果報告書

お願い

本書は、一般社団法人日本自動認識システム協会（JAISA）の著作物です。
無断での掲載、転載、配信等に関しましては、ご遠慮願います。