

社会基盤としてのRFID に関する考察：非接触型IC カードおよび無線タグの技術発展経過と実用化

篠崎，彰彦
九州大学システムLSI研究センター

浜崎，陽一郎
九州大学システムLSI研究センター

納富，貞嘉
九州大学システムLSI研究センター

井上，創造
九州大学システムLSI研究センター

他

<https://doi.org/10.15017/2992>

出版情報：SLRC Discussion Paper Series. 1 (1), pp.1-31, 2004-04. 九州大学システムLSI研究センター

バージョン：

権利関係：

社会基盤としての RFID に関する考察
非接触型 IC カードおよび無線タグの技術発展経過と実用化

2004 年 4 月

九州大学システム LSI 研究センター
篠崎彰彦, 浜崎陽一郎, 納富貞嘉, 井上創造, 安浦寛人

〔 要 約 〕

本稿では, システム LSI の応用技術として注目が高まっている非接触型 IC カードや無線タグなどの RFID 技術について, その技術開発の経過や技術的特徴を整理した後, 「社会基盤としての特徴」を抽出し, 実用化に向けてポイントとなる分析視点を提示する. 具体的には, ID の対象が「ヒト」か「モノ」によって社会性がどのように異なるか, また, 磁気カードやバーコードなどの競合する既存技術との関係で, 無線技術と IC の結合が実用化の条件としてどう異なるか, さらに, 導入側と利用側で実用化の目的や効果がどのように異なるか, などを検討し, 「社会基盤としての RFID」の分析的枠組を浮き彫りにする.

キー・ワード: RFID, 非接触型 IC カード, 無線タグ, 社会基盤としての RFID, 導入側のメリット, 利用側のメリット, 管理の二面性, 「ヒト」と「モノ」

1. はじめに.....	2
2. RFID の技術開発と実用化の沿革	2
2.1. イントロダクション.....	2
2.2. モノの効率化の歴史.....	3
2.2.1. バーコード技術.....	3
2.2.2. 無線タグ.....	5
2.3. ヒトの効率化の歴史.....	6
2.3.1. 磁気カード.....	7
2.3.2. 接触型 IC カードと非接触型 IC カード.....	8
3. RFID の技術的特徴	12
3.1. イントロダクション.....	12
3.2. 非接触型 IC カード.....	12
3.3. 無線タグ.....	14
3.4. 非接触型 IC カードと無線タグの構成要素.....	15
3.4.1. 非接触型 IC カードと無線タグのシステム構成要素.....	16
3.4.2. RFID 情報システムのソフトウェアおよびデータの構成	18
4. 社会基盤としての RFID.....	21
4.1. 実用技術としての RFID の特徴.....	21
4.1.1. 急速に高まる社会的関心度.....	21
4.1.2. ID の対象の特徴 「ヒト」か「モノ」か	22
4.2. 競合する既存技術と無線技術の意義.....	24
4.2.1. バーコードや磁気カードとの関係.....	24
4.2.2. 無線技術の意義.....	25
4.3. 世界 17 カ国・地域の 100 事例にみる実用化の動向.....	26
4.3.1. 実用化事例の概観.....	26
4.3.2. 実用化事例から窺える特徴.....	26
5. おわりに.....	29

1. はじめに

2000年を境にしたいわゆる「ITブーム」と「IT不況」を機に、1990年代に顕著となったパソコンとインターネットを中核とした情報化の隆盛が一段落し、今日では、情報家電、携帯端末、ICカード、無線タグなど、日本が得意とするシステムLSI技術を活用したユビキタス時代を迎えている。この新局面で基盤となるシステムLSIの設計・実装技術は、日本が最も得意とする精微で微細な加工技術に支えられ、また、実用化の場面が消費者に密着した民生用であることから、消費者ニーズへのきめ細かな対応に長けている日本企業が優位性を発揮しやすいとの指摘も多い。そうだとすれば、情報化の新たな段階といえるユビキタス時代は、インターネットとパソコンが強力に牽引した1990年代の情報化とは異なる様相を呈すると考えられる。

こうした問題意識を踏まえて、本稿では、ヒトと情報、モノと情報をより正確に、速く結びつけるRFID技術(RFID=非接触型ICカード+無線タグ)に焦点を絞り、今日に至るまでのさまざまな技術の開発経過を跡づけた後、その技術的特徴を整理する。その上で、実用化の観点から、RFID技術の「社会基盤としての特徴」を抽出し、主として2000年代に入ってからの実用化の動きを、世界17ヵ国・地域、100事例の公表資料を元にまとめ、その技術導入と社会的普及がもたらす可能性と課題について検討を加えていく。

RFID技術の本格的な実用化は緒についたばかりであり、また、技術革新と普及のテンポが早いものであるだけに、現段階で、技術導入の成果について確定的な結論を導くことは困難である。しかし、RFID技術の実用化に関する特徴と分析視点を提示することは可能であり、本稿では、実用化の対象(IDの対象)については「ヒト」と「モノ」の二面から、また、実用化の効果については「利用サイド」と「導入サイド」の二面からそれぞれ複眼的にとらえる枠組みをもとに、2000年代以降に進展著しい「社会基盤としてのRFID技術」を考察することとしたい。

2. RFIDの技術開発と実用化の沿革

2.1. イントロダクション

ヒトやモノの移動時における情報交換を容易にする個体の自動認識は、近年の急速な技術進歩によって、多くの分野で導入が加速している。1950年代頃を振り返ると、経済活動の現場では、紙伝票による情報交換が中心であり、情報はヒトを介した口伝え、転記、記憶が多段階に繰り返されていた。このため、情報伝達の正確さや迅速さ、あるいは、再利用の容易さといった面で、多くの問題を抱えていた。

モノの動きに関する情報管理でこうした問題を解決し、効率化に大きく貢献したのがバーコード技術である。AIM(国際自動認識工業会)によると、バーコード技術の定義は「情報を、幅が変化する平行かつ長方形のバーとスペースの配列にコード化する自動認識技術」となっている¹。欧米諸国を中心に1960年代に研究が進められたバーコード技術は、日本でも1970年代に試験導入が開始され、その後、

¹ 国際自動認識工業会ホームページ <http://www.aimjapan.or.jp> 引用。

世界的に広く利用されてきた。

一方、ヒトに関する情報管理では、磁気カードの導入が効率化に貢献した。これは 1960 年代に IBM が金融業務や航空機座席予約等のために開発したカードを一般化させたものが始まりとされる²。磁気を利用した情報処理はコンピュータへのデータ入力を自動化し、信用照会や代金の支払いを迅速に行うことが可能となる。IBM の磁気カードはその後、米国および世界の磁気カードの標準として広く採用されるようになった。

バーコードや磁気カードは、従来、人間の手作業あるいは記憶というあいまいで効率の悪い方法で行われていた情報管理を自動化することにより、産業界のみならず、我々の日常生活を劇的に変化させた。今日、消費者は商品購入の際に、必ずと言っていいほどバーコードの読み取りシーンを目にし、また、現代がカード社会と呼ばれているように、ほとんどの社会人は、身分証明、銀行カード、クレジットカード、各種会員証など、何らかのカードを通常は複数枚所持している。極端な言い方をすれば、ヒトとモノの管理に関する現代社会の効率性は、バーコード技術と磁気カード技術に支えられている。

しかしながら、日常生活の基盤として欠かせなくなったバーコードや磁気カードも、経済社会の一層の発展とともに、情報量やセキュリティなどの面で、今日ではその能力に限界が見えつつある。そして今、それらに変わる技術として注目されているのが、RFID(Radio Frequency Identification)技術である。RFID とは、「現実世界のヒトやモノに ID³を割り当て、その情報を電子回路に記憶し、無線により交信すること」と定義する。目覚ましい進歩を遂げている RFID 技術は、具体的な形態としては、「無線タグ」と「非接触型 IC カード(欧州ではスーパー・スマートカード)」のふたつに分類することができ、本稿では、RFID の電子回路を組み込んだデバイスのうち、カード形状のものを非接触型 IC カード、それ以外の形状のものを無線タグと呼ぶことにする。

以下、本章ではモノの管理およびヒトの管理の視点から、無線タグと非接触型 IC カードの技術発展の歴史を跡付けていく。

2.2. モノの効率化の歴史

2.2.1. バーコード技術

1) バーコード技術の沿革

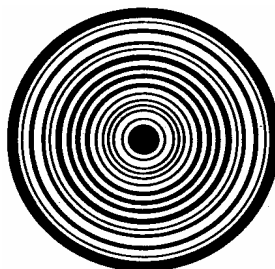
バーコードの歴史は半世紀前に遡ることができる。バーコードが特許として取り上げられたのは、1949 年、Woodland と Silver による「機器の分類と方法」という特許だといわれ、この特許は 1952 年にアメリカで権利化されている。この特許は、当時それほど注目されたわけではないが、後に流通業界において、モノの管理の効率化にこの技術が利用され始め、世界的に普及していくこととなった。

² IBM ホームページ, <http://www-6.ibm.com/jp/event/museum/> 参照。

³ ID とは、複数の個体を扱うシステムの中において、各個体を唯一に識別できるための記号列と定義する。ここで扱う個体は人やモノが対応する。

流通業界におけるバーコードの歴史は POS (Point of Sales) の歴史である⁴。POS の研究はアメリカで先駆的に進められており、既に 1950 年代には、レジの段階で商品情報を自動的に読み取る技術の研究が行われていた。もっとも、当時考案されていた技術は磁気値札であり、運用コストが高すぎたため実験の域を超えて実用化されることはなかった。

図 1-1 Bull's Eye



(出所) 浅野監修(1998)2002, p.15, 図 1.1, 参照

その後、1967 年には、当時のアメリカで最大手のスーパーであったクローガー社と機器メーカーの RCA 社がレーザー光線による POS を開発し、実験に成功したことで、ようやく実用化の道が拓かれることとなった。この時に用いられた入力手段は、今日のバーコードの原型ある“Bull's Eye”(図 1-1)とよばれる同心円状のシンボルであった。この POS 技術の導入によって、クローガー社の生産性は向上し、売り上げは従来のレジに比べ、45%も増加したと指摘されている⁵。

このシステムの運用に当たって、小売段階でバーコードを貼付するのはコストがかかりすぎることが判明し、製造段階、卸売段階での貼付が検討されることとなった。そのためには、標準化が必要であり、1970 年に全米スーパーマーケット協会や全米グロサリー小売業協会など小売業の 7 団体が共通商品コードの研究を開始させ、3 年後の 1973 年 3 月に共通商品コード UPC が作成された。

以降、日本やヨーロッパにおいても実用化が進められ、1980 年代にバーコード技術による POS システムが、世界各国で爆発的に普及することとなった。

2) バーコード技術の限界

このように、日常生活に欠かせないバーコード技術であるが、1990 年代に顕著となったインターネットやパソコンの普及が、バーコード技術の立場を次第に変えていくこととなった。インターネットとパソコンが流通業界にも大きな変革をもたらしたからである。大規模な商業店ばかりでなく零細な個人小売店も含めて、広範な経済主体がネットワーク化され、大量の情報を瞬時に安く処理する能力が飛躍

⁴ 都倉(2002),p.64 引用。

⁵ 都倉(2002),p.64 参照。

的に高まった。しかし、現場における実際の作業に目を向けると、一つのバーコードから得られる情報は少なく（データ容量の問題）、また自動化されているとは言え、多くの場合バーコード情報をひとつひとつ手作業で読み取らなくてはならないため、この点が作業効率化のボトルネックとなったのである。

他にも問題があった。バーコードは固定された情報であるため、流通段階において、各々のニーズによって変更することが出来ない（データの可変性の問題）。また、バーコード表面に汚れが付着した場合、当然のことながら読み取り精度は大幅に低減する（汚れへの耐性の問題）。すなわち、情報の面でも、物理的な面でも、柔軟性に乏しいのである。

そこで、これらの問題を解消する技術として、近年注目を集めているのが無線タグである。RFID 技術の一形態である無線タグは、内部にメモリを保持している。このため、バーコードに比べて格段に多くの情報を格納することができ、データの変更も可能である（データ容量の問題、データ可変性の問題の解消）。さらに、情報はメモリの中に入っているため、表面の汚れも障害になりにくい（汚れへの耐性の問題の解消）。また、無線技術を活用することによって、ひとつの読み取り機で、ある程度離れた場所から複数の無線タグの情報を読み取ることが可能である。

その一方で、技術的シーズの面では拡張性と発展性の余地が大きい。無線技術の領域では、古くから研究が重ねられてきた「電磁誘導」に関する技術が発達し、電源に直接接続されていなくても、無線で電力の供給が可能となった。また LSI 技術の面に目を向けると、「LSI の省電力化」に関する技術開発が進み、それほど大きなエネルギーを確保できない無線での電力供給でも LSI を動かすことができるようになったこと、「LSI の小型化」が一層進展して、ある程度の性能を確保した上での極小化が可能になったこと、「LSI の低価格化」を可能にする技術・素材開発が 1990 年代後半以降に次々と実現されて無線タグを安価に生産できる環境が整ったこと、そして無線によるデジタルデータ通信を LSI 上に実現できるようになったこと、などがそれである。

2.2.2. 無線タグ

無線技術の起源は、トーマス・エジソンによって無線通信が発明された約 100 年前に遡ることができるが、無線を利用した識別装置は、1940 年代に敵味方識別装置として第二次世界大戦のときにドイツが考案したものが最初とされる⁶。無線を利用した識別装置は「四方に放射する無線式の個人認証記号」で、超小型の IC（集積回路）チップと、無線通信用のアンテナを組み合わせた小型装置である。装置の小型化の研究は、古くから続けられており、70 年代には、核物質管理のためにロスアラモスのサイエンティック・ラボラトリーが現在の無線タグの原型となるものを開発した⁷。もっとも、民生用としての利用が注目されるようになったのはここ 10 年程度のことである。1990 年代のインターネット普及に伴い、すべてのモノをネットワークで繋げようという考えが起きたのである。そうした構想の中で、

⁶ 粕谷(1998),pp.29-30 参照。

⁷ SFC Open Forum http://www.itmedia.co.jp/enterprise/0311/21/epn04_2.html 参照。

コンピュータ以外のモノをどのようにネットワークに繋げるかという問題が浮上した。パソコンや携帯電話、電化製品など、情報処理のためのチップを何らかの形で内蔵できるモノならば問題ない。生産段階での付加が容易であり、それは構成要素の点からも明らかである。しかし、野菜や果物といった生鮮食品はどうであろうか。これらをネットワークに繋げるということは、生産段階においても、構成要素の観点からも非常に困難であることは想像に難くない。

そのような状況の中、上記の問題を実現可能にする技術が無線タグである。無線タグを生鮮食品に貼り付けることで問題が解消する。無線タグはリーダ・ライタとセットで機能を発揮するため（3章に詳述）、このリーダ・ライタがネットワークにつながっていれば、無線タグを持つものはネットワークに繋がっていることと、ほぼ同等の機能を発揮する。

ここで非常に画期的なのが、データの解像度（情報の精度）がバーコードに比べて飛躍的に向上した点である。これはデータ量の大きさと書き換え可能な点に起因する。バーコードは10進数13桁の数字列であるのに対し、無線タグは、日立製μチップを例にとるならば、10進数36桁の数字列が格納可能である⁸。またバーコードは一旦流通すると書き換え不可能であるのに対し、無線タグは特定の条件下では書き換えが可能である（ただしμチップは書き換え不可能）。

データ量の大きさは、集合（例えば製品種別毎、販売ロット毎）で分類されて「個」を区別できなかったモノ、例えば野菜などが、1つ1つ個別に属性を持つことができるようになることを可能にする。バーコードでは高々10兆通りの分類しかできないため、個別対応は不可能である。

データの書き換え可能な点については、産地、加工、流通経路、日付など、販売までのきめ細かな情報を個別の属性として付与することを可能にする。商品の流通経路を明確にすることで、消費者サイドには、品質、安全性、信頼性という付加価値を、また、生産者サイドには、詳細なマーケティング情報という付加価値を生み出すことになる。その反面、モノの情報とヒトの情報をリンクさせることにより、例えば、消費者の購買歴が個人を特定してピンポイントで把握されるといった、プライバシーの問題が生まれる点は、留意すべきであろう。

2.3. ヒトの効率化の歴史

現代はカード社会と呼ばれるように、数多くのカードが日常的に利用されている。クレジット・カードや銀行のキャッシュカード、テレホンカードや交通機関の料金カードに代表されるプリペイドカードなど、1人で複数枚のカードを持つことは、今や珍しいことでない。クレジット・カードを例にとると、日本における発行枚数は年々増加しており、その総発行枚数残高は、2002年度末の時点で2億4,959万枚に達し、1人平均2枚を保有している計算になる。また、銀行などのキャッシュカードの発行枚数も年々増加しており、2002年度までのキャッシュカードの発行枚数は、累計で4億1,373万枚を数える。都銀で1億575万枚、地銀で1億89万枚、郵貯で8,862万枚が主なところである。単純計算で、1人平

⁸ Usami(2003),p.521 参照。

均 3 枚のキャッシュカードを保有していることになる⁹。

また、プリペイドカードとして広く普及しているテレホンカードの場合には、携帯電話の影響もあり販売枚数はここ数年減少傾向にあるが、1982 年から 1998 年までの累計販売枚数は 42 億枚に達し、プリペイドカードとしては、最もポピュラーなカードといえる¹⁰。この他にも、鉄道やバス、地下鉄などの交通機関、ガソリンスタンド、図書館、各種の会員証など、様々な場面でカードが発行されている。

これらのカードの発行目的には様々なものが考えられるが、主要な目的として、利用者が行う行為(例えば、決済、入出金、貸出処理)の処理効率化があげられる。それを通じて、さらに、利用者に ID を割り当ててヒトの属性を情報としてカードに格納し、その管理を効率化するとともに、行動歴を情報として集積・分析し、マーケティングに利用するなど、簡便で質の高いサービスの提供に役立てることも行われている。

こうしたヒトの行動にともなう情報の管理で、現在主流として広く利用されているのが磁気カードである。磁気カードには、プラスチックカードに磁気ストライプを貼り付けた「磁気ストライプカード」、PET(ポリエチレンテレフタレート)カードまたは紙カードの全面に磁性体を貼り付けた「全面磁気カード」などがある。継続利用を前提とし、耐久性が求められるクレジット・カードやキャッシュカードでは、ほとんどが磁気ストライプカードである。また、テレホンカードなど、使い切り型の性格が強い半耐久あるいは非耐久型のプリペイドカードには、コストの安い全面磁気カードが利用されることが多い。以下では、磁気カード技術の沿革について整理する。

2.3.1. 磁気カード

1) 磁気カード技術の沿革

20 世紀半ばに最初の電子計算機が発明されたころは、利用できるメモリ(情報記憶)技術はごく限られたものであった。当時、主に利用されていたのはテレタイプ用の紙テープや、旧式の穿孔カード等である。これらの技術は、確かに当時としては便利なものであったが、新しい計算機の電子的スピードに見合う速度で機械にデータを送り込むことができないことが、早くから課題となっていた。

そこから、メモリ・デバイスの技術開発がスタートしたが、記憶容量の大きさに比例して価格が高くなるのを回避することも重要な課題であった。全ての情報を主記憶装置に蓄えたのでは、メモリの価格が大変なものになってしまうため、そのうちに補助記憶装置あるいは二次記憶装置と呼ばれるものが登場した。1950 年代のことである。その典型が、磁気テープ装置である。これは、メモリのような主記憶装置に比べて、安価で大量に記憶容量を持つことが特徴である。その後、記録密度の向上などの技術革新によって、1969 年には、IBM 社が金融業務や航空機座席予約等のアプリケーション向けに磁気カードを開発した。現在のキャッシュカードやクレジット・カードでおなじみの磁気ストライプは IBM の

⁹ 平松(2003),pp.7-8 引用。

¹⁰ 白樺他(2000),pp.14-15 引用。

2トラック式が1971年に米国標準として採用され、世界的に広く使われるようになったものである¹¹。

2) 磁気カードの限界

現在、磁気カードは非常に多くの場面で利用されているが、その限界は、かなり以前から指摘されてきた。第一にデータの容量の問題、第二に、それとの関連で派生するセキュリティの問題である。

磁気カードには、72文字程度の情報しか入れることができない。情報が多様化・肥大化する時代の中で、カードを提供する側においても、多くの情報をカードに集約し管理する必要があるが、磁気カードでは困難になってきた。偽造や情報漏洩といったセキュリティの問題も、これに由来する。磁気カードの場合には、券面の磁気ストライプに情報が入っており、その情報を呼び出して他のカード上にコピーするのが容易である。そのため偽造カードが後をたたないばかりか、情報のみを抜き取って不正利用される被害も多発しており、こうした被害は、クレジット・カードにおいて顕著である。

偽造・不正利用を防ぐためのセキュリティ問題が深刻化する中で、金融業界で解決策が検討されてきた。その際に、磁気カードに代わる媒体として注目を集めたのがいわゆるICカードである。ICとはIntegrated Circuitの略で、日本語では「集積回路」と訳す。カードに搭載されたICチップには、CPUとROMが搭載されているが（詳しい仕組みは3.2節参照）、ROMの搭載により新聞1枚分の情報が記録でき、磁気カードに比べて飛躍的に格納できる情報量が増える。また、データの読み書きは必ずCPUを経由して行われるため、そこで暗号化処理を行えば、こうした機能を持たない磁気カードに比べて、セキュリティを飛躍的に高めることが可能である¹²。以下では、磁気カードに代わる媒体として注目されているICカードについて、技術開発の経過を整理していく。

2.3.2. 接触型ICカードと非接触型ICカード

1) 接触型ICカードの沿革

ICカードの生みの親は、通説では、1974年にプラスチック製のカードにマイクロコンピュータを埋め込むという着想で特許を取得したフランス人技術者のローラン・モレノ氏だとされる¹³。すでに当時

¹¹ IBM ホームページ, <http://www-6.ibm.com/jp/event/museum/> 参照。

¹² 岩田(2003), pp.50-51 参照。

¹³ しかし、岩田(2003)によると、実はICカードというものを考え出したのは日本人とされる。ハイテクベンチャー企業の経営者でもある、有村國孝氏は、1970年に「外部からの入力に応答して、識別用の信号を発生するICを本体に埋め込む構造の識別カード」というICカードの基本的着想を得て特許を申請し、1976年に特許を取得している。有村氏は、渡米中に銀行・金融機関が顧客との決済を行うためのシステムを検討している過程で、このアイデアを思いついたとされる。その頃に、ヨーロッパでも同じような発想を得た人物がフランス人の技術者ローラン・モレノ氏で、有村氏の特許が日本国内に限られたものだったのに対し、モレノ氏は1974年に「プラスチック製のカードにマイクロコンピュータを埋め込む」というアイデアをフランス特許庁に申し、続いて国際特許も取得している。このため、国際的には、「ICカードの発明者はフランス人」という通説が定着した。

から、磁気カードの偽造問題が出ていたため、その対策として、金融業界を中心に社会的ニーズは高まりつつあった。その頃は、チップをカードに埋め込むほどに小型化する LSI 技術が充分蓄積されていなかったこともあり、政府主導で研究開発が進められた。その結果として、1980 年代初頭に登場したのが現在につながる「接触型 IC カード」である。接触型 IC カードは、IC チップの部分に直接電源端子を接続し、安定した電源供給の下でチップ内の処理を行う仕組みがとられている。以来、接触型 IC カードはフランスを初めヨーロッパ各国で普及していくこととなった。

一方、アメリカでは、1980 年代初頭に、国防省が約 3000 人の軍人に ID カードとしての接触型 IC カードを配布、軍事施設内にある医療施設や保養施設の利用に際して、入退室のチェックのために運用実験を行ったのが始まりである。個人のスキル情報等、カード内の情報を通信回線経由で送り、後方支援目的にも利用可能であることが、実験で確認されている。その後、アメリカでは、クレジット・カードの分野を中心に、民間主導で接触型 IC カードの普及が図られた。磁気カードは偽造、なりすまし等の不正が行われやすいことから、クレジット・カードによる決済が盛んなアメリカでは、接触型 IC カードの高いセキュリティ性能が注目されたからである。

これに対して、日本の接触型 IC カードは、いわば官民一体型で実用化実験が進められてきた。欧米諸国に比べて、日本は現金による決済が主流であり、利用サイドからの接触型 IC カード導入の動機は、それほど強くはなかったと考えられるが、半導体産業の国際競争力が高かったため、接触型 IC カードでは磁気カードに比べて技術的に優位に立てるとの判断があったとみられる。このため、実用性よりも技術的に高度なものを求め、とくに多目的カードにこだわる傾向がみられた。しかし、多目的カードであるためには、接触型 IC カードや読み取り機の仕様が、各方面で統一されることが前提となる。それだけ調整が複雑、困難になり、接触型 IC カードを普及させるためのハードルが高かったといえる。これが欧米諸国に比べて接触型 IC カードの普及が遅れた一因とみられる¹⁴。

2) 接触型 IC カードから非接触型 IC カードへ

上記の経過で、磁気カードに代わる技術として接触型 IC カードの実用化が進んでいるが、接触型 IC カードにも問題がないわけではない。読み取りの関係で IC チップの端子部分が露出しているためホコリなどに弱く、また、読み取り機との接触が繰り返される結果、読み取り機と端子部分との接触面で損傷や摩耗が激しく、故障の原因にもなるため、カードと読み取り機の双方でメンテナンスコストが高くなることである（汚れへの耐性・メンテナンスコスト）。また、カードを抜き差しする煩雑さや時間ロスも問題であった（近接型非接触ニーズ）。しかも、LSI の小型化技術が進んだとはいえ、IC チップの価格は高く、1990 年代前半までは、磁気カードに比べた IC カードの発行コストは比較にならないほど高かった。

しかし、欧米諸国を中心に利用数が増大するにつれて、量産効果によるチップコストが徐々に低減し、

¹⁴ 岩田(2003) pp.50-51 参照。

加えて、LSIの省電力化の研究が進んで、1990年代後半には無線による電力供給も利用できるまでになった。

そのような背景から登場したのが、今日注目を集めている非接触型ICカードである。これは欧州では「スーパー・スマートカード」と呼ばれている。接触型ICカードは読み取り機に直接差し込むなどして、端子が接触することにより電源供給を受けるが、非接触型ICカードは2枚のコイルが接近しているときに片方のコイルに電流を流すともう片方のコイルに起電力が発生する電磁誘導という現象を利用して、電源を接触することなく動作できる仕組みを提供している¹⁵。この非接触型ICカードの登場により、「汚れへの耐性・メンテナンスコスト」「近接型比接触ニーズ」を満たす条件が整った。現在、非接触型ICカードは、日本を中心に実用化の研究が進められ、主に交通分野を中心として、1990年代後半から現在にかけて日本を初め、香港、シンガポール、マレーシアといったアジア地域で急速に普及が進んでいる¹⁶。

アジア地域で普及が進んだ理由としては、前述したように、接触型ICカードの普及で欧米諸国に出遅れた日本が、磁気カードとの入れ替えとして、接触型ICカードを飛び越して非接触型ICカードの技術開発を進めていた点、主に鉄道などの交通機関の改札口で、磁気カードや接触型ICカードを利用するのに比べて混雑解消やランニングコスト削減が大幅に期待できた点、などをあげることができる。

一方、欧米諸国においては、すでに接触型ICカードが普及し、システム入れ替えに大幅な追加コストが発生する点や、鉄道分野での改札の仕組み・方法が日本とは異なるため、日本の成功事例が直にはあてはまらず、本格的な普及はやや遅れている。

【補論：RFIDとLSI価格の関係】

ここで、RFIDと、トランジスタ数、製品出荷数、LSIの価格の関係を整理しておこう。通常、技術を一定とすれば、トランジスタ数とLSI価格は比例関係にある。つまり、無線タグのトランジスタ数が増加すれば、それだけ性能は高まるが、LSIの価格も上昇する。いかに高性能であろうと、価格が高過ぎれば経済的な制約から普及は望めない。したがって、無線タグをバーコードに代わる技術として普及させるには、バーコードと比べた性能の高さ以上にLSIが安価になる必要がある。別の言い方をすれば、トランジスタ数は維持したまま、より低価格になるようなポジションが望まれる（図1-2）。

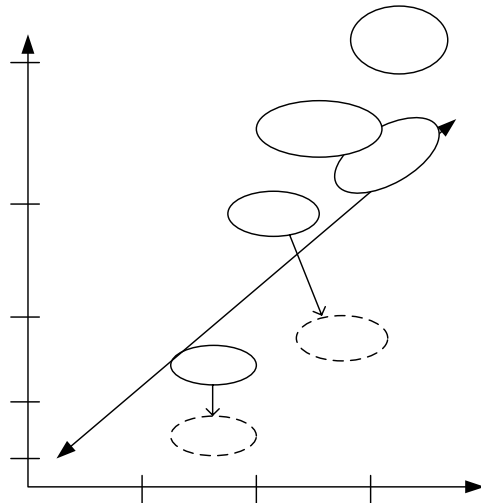
一方、LSIに対する需要量（ここでは出荷数）は、通常はLSIの価格と反比例の関係にある。だからこそ、多くのメーカーは付加価値を高めて価格維持を図り、自社の製品がその反比例の線上に乗らないよう努力している。しかし、こと無線タグに関しては、現在は普及の初期段階にあり、既存の優勢技術であるバーコードにとって代わるためには、安価に大量出荷することが欠かせない。したがって、より安価に大量に生産できるポジションが望まれる（図1-3）。これは、次に述べる非接触型ICカードにつ

¹⁵ Kalus Finkenzeller(2001), pp.23-25 参照。

¹⁶ 鮎川(2003),pp.303-310 参照。

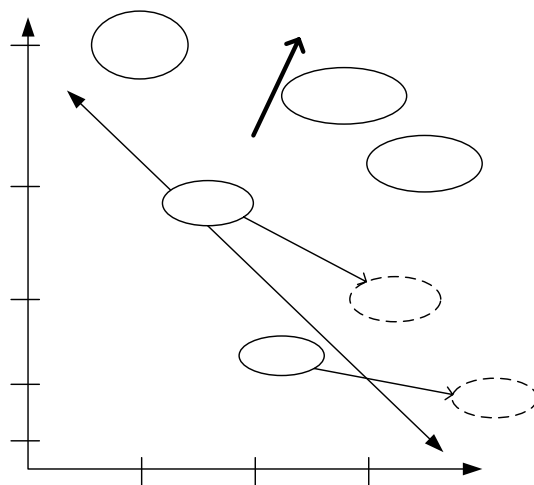
いても同様であるが、ヒトの管理であるカードに関しては継続利用が前提であり、非接触型 IC カードの場合は競合関係にある磁気カードと比較して、メンテナンス費用が安く、付加サービスのメリットも認識しやすいため、LSI 価格の低下要因がそれほど強くはないとみられる。これに対して、モノの管理である無線タグの場合は、書籍や備品の管理など耐久財に付与される継続型の利用だけでなく、生鮮食

図 1-2 LSI の価格とトランジスタ数の関係



品や消耗品など非耐久消費財に付与される使い切り型の利用も多いため、野菜や果物など付与される物品の価格負担力の大きさを考慮すると、LSI 価格の低下要因が、普及に際して強く作用すると考えられる。

図 1-3 LSI の価格と製品出荷数の関係



価格

10,000

1,000

3. RFIDの技術的特徴

3.1. イントロダクション

前章の沿革を受けて、本章ではRFIDの技術的概要、および、その活用例について述べる。まず、RFID (Radio Frequency Identification) を直訳すると、「無線による識別」となるが、具体的には、後に述べる「非接触型ICカード」と「無線タグ」を指すことが多い。一般に、「非接触型ICカード」と「無線タグ」の違いは、その内部に頭脳を持つか否かといわれるが、形状の違いを除けば、技術的には明確な違いはないといえる。

RFIDは、後に説明する「無線タグ」のアクティブ型を除くと、内部に電源を持たないが、主には電磁誘導現象を利用して電力の供給を受け、データの読み出しや書き出し、演算を行っている。電磁誘導とは、固定された閉回路と鎖交している磁束が時間変化しているとき、その回路に起電力が生じる現象で、ファラデーにより見出された¹⁷。RFIDに即して説明すると、リーダ・ライタでRFID内の閉回路の磁束を変化させることにより、RFID内の回路に起電力が生じる。これによって、RFIDでは、内部に電源を持つことなく、電力の供給が可能になる。また、RFIDとリーダ・ライタ間のデータのやりとりは、上記の電力をもとに電波を発生させて行っている。

テレビ放送や携帯電話など電波を使った技術の実用化に際しては、「電波法」の規制を受ける。「電波法」は1945年5月2日に公布され、数々の法改正を経て現在に至っているが、同法の第1条では、「電波の公平且つ能率的な利用を確保することによって、公共の福祉を増進すること」が目的と規定されている。RFIDも電波を利用する製品であり、当然のことながら電波法を遵守しなければならない。

RFIDについては、日本国内では、電波法の規定に基づき、2.45GHz・13.56MHz・125kHzの周波数帯域が利用可能で、さらに総務省より、RFID向けに優先的に950MHzを割り当てることが表明され¹⁸、近い将来、合計4つの帯域が使用可能と見込まれている。ちなみに、電波を利用した通信では、周波数の帯域が高くなるほど、通信速度は速くなるが、帯域が高いほど光の性質に近づくため、指向性が強くなり、雨や霧などの水分の影響を受けやすくなるのが特徴である。以下、本章では、非接触型ICカード、無線タグの順で、RFIDの技術的特徴について説明していく。

3.2. 非接触型ICカード

「ICカード」とは、電子式の計算機能と記憶機能をもつICチップが組み込まれたカードであり、接触型と非接触型に大別される。近年では、ひとつのICチップで接触型と非接触型の機能を併せもつコンビネーション型や、それぞれの機能をもつICチップをふたつ組み込んだハイブリッド型なども存在する。いずれの場合でも、カードに組み込まれたICが情報処理を行うためには、電源が必要である。しかし、小型、軽量、低廉化を図るため、ICカード自体には電源がない。これを解決するため、接触

¹⁷ 前田(1991),pp.144-145 参照。

¹⁸ 総務省ホームページ <http://www.soumu.go.jp> 参照。

型 IC カードでは、表面の接点を通してリーダから電力を受け取っている。一方、非接触型 IC カードでは、物理的な接触がないのでこの方法は採用できない。そこで、先に説明した電磁誘導現象を応用して、電力を供給するのである。

非接触型 IC カードのメリットは、接触型 IC カードが持つ欠点(故障、汚れ、挿入方向が限定される、挿入に時間を要するなど)が改善されること、またリーダ・ライタにおいても、接触型にみられるような接点部分の磨耗がないため、メンテナンスに要するコストが大きく下がるというメリットも得られる。その一方で、電力の受け取りが、カードとリーダの距離や接近時間に大きく依存するため、安定せず、負荷のかかる演算処理には適していないということ、また通信路が盗聴される可能性の増大などもデメリットとして挙げられる。

一般的な非接触型 IC カードの内部を概略すると図 3-1 のとおりであるが、これらを PVC (ポリ塩化ビニル) や ABS (アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂)、PET (ポリエチレンテレフタレート) などの素材を利用して皮膜することにより、水や汚れ、衝撃への耐性を持たせている。各部の機能は以下の通りである。

CPU：中央演算処理装置。ここにおいて、全ての処理を制御する。

暗号コプロセッサ：暗号化演算を高速に実行するための専用プロセッサ。

RAM：一時的なデータを読み書きするための高速メモリ。

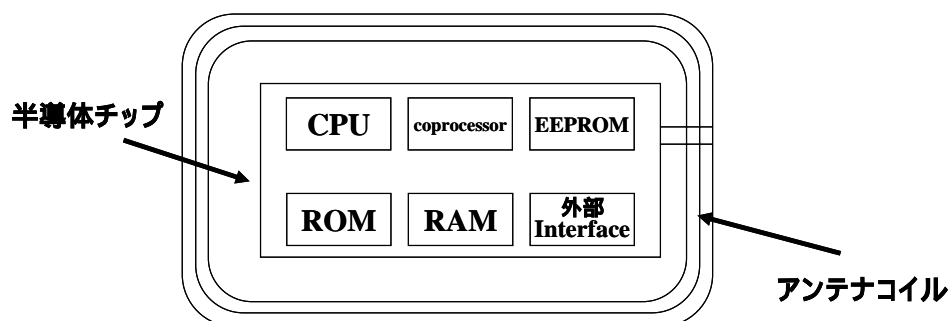
ROM：プログラムや固定的なデータを格納するために使用する読み出し専用のメモリ。IC チップ製造時に直接回路を焼き付ける。

EEPROM：主にデータを格納するために使用する書き込み可能なメモリ。

インタフェース：IC カードと外部との通信制御を実施する。

アンテナコイル：非接触型において、リーダ・ライタとのデータ交換と、半導体チップへの電力供給を行う。

図 3-1 非接触型 IC カードの内部構造



非接触型 IC カードを細分すると、電力供給や通信の際のカードとリーダの通信距離によって「密着

型」「近接型」「近傍型」に分類される。「密着型」は通信距離が数ミリメートルのものであり、接触型 IC カードのようにリーダ・ライタと IC カードの接点を完全に接触させる必要はないが、リーダ・ライタに軽く触れる感じで使用する。「近接型」は数センチの距離で電力供給とデータのやりとりが可能なものであり、その分だけ電波の強度を強くする必要があるので、リーダ・ライタのコストは高くなる。近年の IC カードにおける主流は、「近接型」である。この近接型が主流である理由は、数センチという距離が、日常生活においてユーザが意志を持たなければ近づかない距離であること、すなわちユーザの意志に反して操作されることがない距離であること、カードとリーダ・ライタの間に薄い物体が存在しても問題がなく利用でき、財布や定期入れに入れたまま使えること、など日常の生活行動に適している点が挙げられる。

表 3-1 非接触型 IC カードの種類と国際規格の対応

	密着型	近接型	近傍型
国際規格	ISO 10536	ISO 14443	ISO 15693
伝送距離	~ 2mm	1cm ~ 20cm	~ 1m

出所：西下(1998)2003, p.17, 表 3 を元に作成

近接型については、通信方式により、国際標準の「TypeA」、「TypeB」、「TypeC」に分類することができる。ここでは、詳細な説明は避けるが、「TypeA」方式はヨーロッパやアジアでのシェアが大きく、「TypeB」方式は日本の住民基本台帳カードに採用されたものである。「TypeC」は SONY が開発した非接触型 IC カード「FeliCa」のことであり、大きな特徴として、通信速度が速いという点が挙げられる。「FeliCa」は JR 東日本社が導入している Suica カードや電子マネー機能を備えた Edy カードなどで知られるが、その特徴により、改札口での混雑回避が利便性の鍵を握る交通系の非接触型 IC カードとして、アジアを中心に海外でも普及が進んでいる。

3.3. 無線タグ

先に述べたように、無線タグと非接触型 IC カードは、基本的な技術構成の面で明確な違いはないが、実際の用途では、いくつかの違いがある。以下では、無線タグの特徴について、非接触型 IC カードとの一般的な違いにも触れながら整理していく。

まず、「無線タグ」は「非接触型 IC カード」と比べて単機能であるものが多く、その分コストも安い。ここでいう単機能とは内部に頭脳を持たないために「無線タグ」内部での足し算や暗号化などはなく、ただリーダ・ライタの要求のまま内部のデータを送信したり、データを受信して書き込んだりするといったことである。これは、無線タグと非接触型 IC カードで、競合関係にある既存技術がそれぞれ異なることに起因する。非接触型 IC カードが、競合する磁気カードに対して優位性を発揮するのは、セキ

セキュリティの向上や多目的用途にあり、単機能であれば磁気カードとの違いが明確にならない。一方、無線タグの場合は、競合するバーコードとの関係で一義的に重要なのは、コストや物理的な柔軟性であり、複雑な機能の付加は、現時点では二次的な要素である。

用途の面では、非接触型 IC カードは人間が持ち歩くことを前提にしており、ヒトおよびその行動にともなう情報が対象となること多いが、無線タグはモノに貼られて ID として使われることが多く、モノの動きにともなう情報が対象となることが多い。したがって、いずれも小型・軽量化が追及されるとはいえ、非接触型 IC カードは、保管や携帯、紛失などの点から、おのずと名刺程度の大きさを標準化されたサイズに収斂するのに対して、無線タグはより極小化が追求され、また様々なモノに貼られるという性格から、形状も多様と成り得る。

無線タグを電力供給の面から分類すると、「パッシブ型」と「アクティブ型」に大別される。「パッシブ型」が非接触型 IC カードと同様に、電力供給を外部からの電波に頼るものであるのに対し、「アクティブ型」は内部に電池を持ち、自ら電力を供給する。「パッシブ型」の特徴としては、電池がいらないため破損などがない限り半永久的に使用できるというメリットがある反面、外からの電力供給に頼るため、通信距離は短いというデメリットがある。一方、「アクティブ型」の特徴は、電池を内蔵するため「パッシブ型」に比べて形状が大きくなりがちで、電池の寿命が切れると使えなくなるというデメリットがある反面、電力量が大きいため通信距離を長くすることができるというメリットがある。

データの書き換えという面では、一度書き込むとデータの書き換えができないものと、自由にデータを書き換えることができるものがあり、付与されるモノのコスト負担力や用途（継続反復利用型か使い切り型か）の違いなど、実用化の場面によって使い分ける必要がある。

無線タグの技術的課題として挙げられるのが、第一に、金属表面への貼付問題、第二に、輻輳制御の問題である。前者は、通信に電磁波を用いていることによるもので、金属表面に無線タグを添付すると電磁波が障害を受けてうまく機能しないという課題である。後者の輻輳制御については、リーダの近くに同時に複数の無線タグが存在した場合、すべてを正確に読み取れないという課題である。技術的進歩により、現在では、5つ程度の無線タグであれば、同時に読み取れるものも多いが、精度の点で依然として課題が多い。

3.4. 非接触型 IC カードと無線タグの構成要素

非接触型 IC カードと無線タグについて、以上の概説をふまえ、この節では、RFID を用いた情報システムの基本的なハードウェア構成を述べ、そのハードウェア上で動作する情報システムの構成方法および基本的な動作を述べる。断りがない限り、以下では電池を内蔵しないパッシブ型の無線タグを想定する。

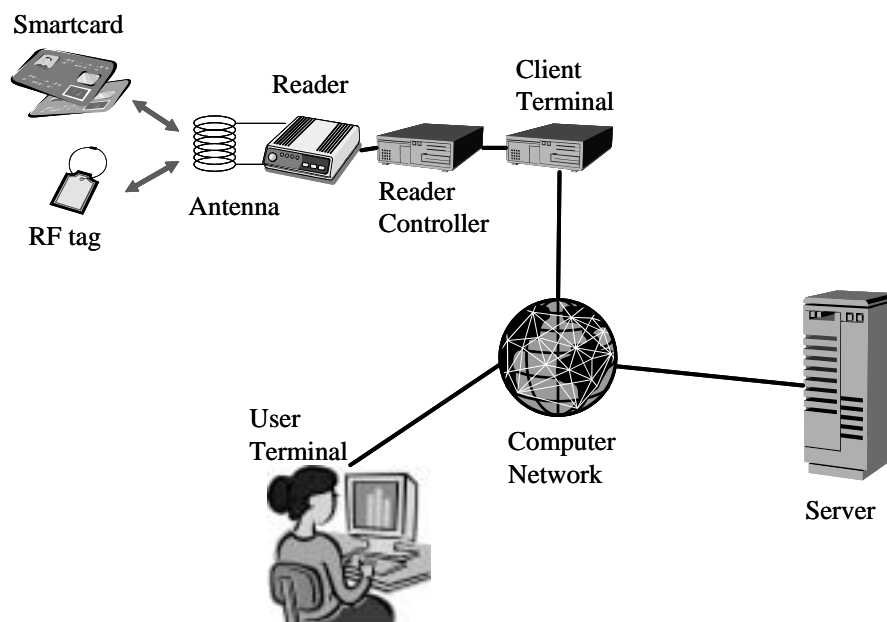
3.4.1. 非接触型 IC カードと無線タグのシステム構成要素

以下では、図 3-2 に示す、RFID 情報システムの基本的なハードウェア構成を元に、各構成部分を述べる。

■ 非接触型 IC カードまたは無線タグ

前章で述べたように、今日、RFID はさまざまな形で実用化が進んでいる。大別すると、非接触型 IC カードはヒトが携帯することを前提にしており、無線タグは主としてモノに付与されることが想定されているが、キーホルダ型の無線タグでは、ヒトの携帯も視野に入れられている。モノに付与されるタグ型、シール型の無線タグの他に、家畜用には丸薬型の無線タグも用意されている。RFID はリーダとの通信のためにアンテナを必要とするが、アンテナは LSI とともにカードやタグに内蔵してパッケージングされるか、LSI のチップに内蔵される。

図 3-2 RFID 情報システムのハードウェア構成



■ リーダ

リーダは、リーダ・ライタと呼ばれることもある。通信相手となる無線タグが電池を内蔵したアクティブ型の場合は、受信機と呼ばれることもある。リーダは小型のアンテナを内蔵する場合も多いため、リーダと呼んだ場合に、次に述べるリーダアンテナを含む場合もある。リーダは、リーダコントローラの指示に従い、リーダアンテナを通じて無線タグの認識および通信をする。同時に、非接触型 IC カードや無線タグが駆動するための電力も無線で伝送する。この結果、非接触型 IC カードや無線タグは、自らの内部に格納された ID やデータを返答したり、リーダから与えられたデータを自らの書換え可能メモリに格納したりする。リーダは、LSI およびそれを配置するプリント基板上に構築されるが、近年

ではパーソナルコンピュータの PCMCIA カードとして動作する小型のものもある。

■ リーダアンテナ

リーダが無線タグと通信するために必要なアンテナである。アンテナの形状や大きさは、通信周波数や目的とする通信周波数、および法律やシステムで規定される電波の強度によって異なる。ドアでの入退室管理システムや駅の改札などでは、利用者が意思を持って認識をできるように、10cm 程度の通信距離で十分な場合は、アンテナの大きさは 10cm 四方程度で十分であるし。一方、盗難防止用ゲートのようにゲートを通る利用者を全域的に認識したい場合には、1.5m 程度の高さのアンテナを 1メートル間隔で置く必要がある。

■ リーダコントローラ

リーダコントローラは、クライアント端末からの指示に従い、あるいは、自らに定められたスケジュールに従い、リーダに対して非接触型 IC カードや無線タグと通信するための命令を発行し、その結果を保持またはクライアント端末に返答する。リーダコントローラは単独で構築されるほかに、リーダとともに LSI 上に構築されることもあれば、パーソナルコンピュータを使ったクライアント端末上にソフトウェアとして構築されることもある。

■ クライアント端末

クライアント端末は、情報ネットワークに接続され、リーダコントローラから送られる非接触型 IC カードや無線タグの情報をサーバ端末に報告するほか、サーバ端末からのリーダコントローラに対する命令を伝える。クライアント端末は、パーソナルコンピュータ上でソフトウェアとともに構築されるほか、リーダ、リーダコントローラと一体化した専用ハードウェアで構築されることもある。

■ 情報ネットワーク

情報ネットワークは、クライアント端末とサーバ端末の間で情報を伝送するための計算機ネットワークである。本稿では詳しく述べないが、インターネットをそのまま利用する場合や、企業内 LAN と共有する場合、もしくはこれらと同じ IP プロトコルをつかった専用線ネットワークを用いることが多い。

■ サーバ端末

サーバ端末は、情報ネットワークを介してクライアント端末と通信をし、データベース管理システムの情報を参照、更新するためのサーバソフトウェアを備えたコンピュータである。データベース管理システムは、氏名や物品名といったヒトとモノの属性情報を管理しており、サーバ端末と同じコンピュータに構築されるほか、情報ネットワーク上のほかのコンピュータに構築されることもある。サーバソフトウェアそのものが情報ネットワーク上で分散することもある。

■ 利用者端末

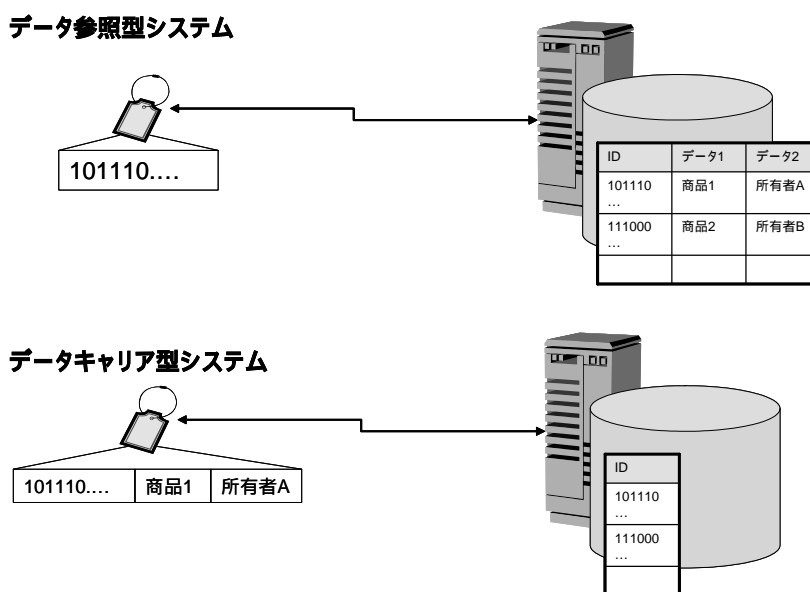
利用者端末は、利用者が直接扱うことによりサーバ端末にアクセスし、非接触型 IC カードや無線タグに関する情報を得るための端末である。近年ではインターネット接続機能を持つ携帯電話のように、小型かつ常時携帯可能な端末も選択することができる。

RFID を用いた情報システムは、上記のような構成要素からなるが、これらは、さらに応用によって簡潔な構成に取捨選択されることもあれば、大規模な構成として各要素を多重に用いることもある。簡潔な構成の例として、PDA (パーソナル・デジタル・アシスタント) のような携帯情報端末に、アンテナつきリーダ、リーダコントローラ、およびデータベース管理システムを載せ、さらにその携帯情報端末が利用者端末として機能し、ネットワークを必要としないようなシステムを構成することができる。また大規模な構成の例として、アンテナからクライアント端末までを、近年の携帯電話の基地局のように各所に配置し、サーバ端末をインターネット上に配置して、利用者のコンピュータや携帯電話からデータベースにアクセスできるようなサービスを業者が提供する例があげられる。

3.4.2. RFID 情報システムのソフトウェアおよびデータの構成

情報システムを、データがどのように配置されるかという視点から考えると、以下の2種類に分類することができる(図 3-3)。

図 3-3 データの配置方法による分類



■ データ参照型システム

非接触型 IC カードや無線タグ側には、利用者 ID や物品の ID といった、それ自体は意味を持たないが、情報システムのデータベースにおける情報を特定するための「参照のための値」を格納し、それ以外のデータはサーバ側のデータベースに格納されるようなシステム。

■ データキャリア型システム

非接触型 IC カードや無線タグ側に、氏名や所属部署、生年月日といったヒトの属性情報、あるいは、容器の内容物やガスボンベの内容物といったモノの属性情報など、情報システムで利用するコンテンツ・データそのものを格納するようなシステム。

上記のようにデータの配置方法が分類できるが、多くの情報システムにおいては、上記を混合したデータの配置方法をとる。以下では3つの例を述べる。

■ バックアップを持つ場合

非接触型 IC カードや無線タグは、現実の空間に散在するため、カードやタグ内のデータにサーバが常にアクセスすることは難しい。またカードやタグがダメージを受けて通信できなくなることも考えられる。そのため、非接触型 IC カードや無線タグのデータを、サーバが読み取った後でデータベースにコピーして保存しておくことがある。

■ ID およびデータを格納する場合

データキャリア型システムの場合であっても、非接触型 IC カードや無線タグが付帯するヒトやモノの ID も同時に持つことが多い。この場合、ひとつのカードやタグのなかに、ID と属性などのコンテンツ・データが混在することになる。

■ ID そのものがデータになりうる場合

商品のバーコード（日本では JAN コード）や書籍の ISBN コードのように業界で標準化された値は、情報システムのデータを特定するための ID となりうるが、それと同時に、その値の一部から、製造者や商品の種類といった、標準化された分類を判別することが可能である。これは、データベースに格納されないデータを得ることができるという意味で、無線タグにデータそのものを格納することと考えることもできる。

以下では、上記のデータ配置に影響を与える点として、情報システムの設計の際に、考慮しなければならない点を述べる。

■ 非接触型 IC カードや無線タグに関わるコスト

非接触型 IC カードや無線タグに、書換え可能メモリのようなデバイスが搭載されれば、そのコストは増大する。特に、モノの管理に利用される無線タグが大量に使用されるアプリケーションでは、この単位当たりのコスト増大がシステム全体のコストに大きく響き、経済性の観点から実用化の障害となりかねない。その点、データ参照型システムでは、書換え可能メモリの必要がなく、低コストを可能にするが、データキャリア型システムでは、コスト増大を回避するためにも、技術先行で過剰性能の陥穽に

はまらないよう、カードやタグに必要となる書換え可能メモリの容量を最適に見積もることが肝要である。

■ 通信距離および通信時間

データキャリア型システムでは、通信時間中にやり取りされるデータの量が多くなるため、通信時間がかかってしまう。これは駅の改札など、混雑を回避するために短時間で通信を終了しなければいけないようなアプリケーションでは、利便性の面で実用化の障害となる。また、書き込み可能メモリを駆動するためには供給される電力もそれに応じて必要になるので、通信距離の範囲が縮小することにつながる。

■ オンラインまたはオフラインでの使用

リーダおよびクライアント端末については、ネットワークに接続できる環境が常に維持されるとは限らないことも想定する必要がある。たとえば海上輸送のコンテナでは、輸送中にネットワークに接続することは難しい。しかもコンテナの内容物は各港で積みかえられるため、PDA(Personal Digital Assistant)などの携帯型情報端末に内容物の最新のデータベースを載せることは不可能である。このようにネットワークに接続されていない(オフライン)環境でも最新の情報を利用したい場合には、データキャリア型のデータ配置をする必要がある。

■ 非接触型 IC カードや無線タグの耐性

非接触型 IC カードや無線タグは、紛失や剥離によって予定外に利用不可能になることがある。このような場合でも復旧、もしくは対応が可能にするためには、データ参照型のシステム、あるいはデータキャリア型でもサーバ側に最新のデータのバックアップをとっておく必要がある。しかしオフラインでの使用を許すと最新のデータのバックアップは難しくなる。

■ セキュリティとプライバシー

データキャリア型システムにおいて、非接触型 IC カードや無線タグ上に秘密性の高いデータを載せた場合、第三者が持つリーダから情報を読み出されないために、無線タグ自身に暗号処理回路を載せて暗号化を行う方法がある。しかしこの方法は、無線タグのコスト増大、通信時間の増大、さらに通信距離の減少という結果につながり、アプリケーションによっては、利便性の面で実用化の障害となる。逆に、IC カードを用いた電子マネーのようにデータの所有権がカードやタグの保持者側にあり、彼らがシステム側を全面的に信用できる場合を除けば、プライバシーを守るには、カードやタグ側にデータを乗せないと不安である。このような場合には、暗号処理回路を載せた無線タグは有効である。

RFID を用いた情報システムを設計する際、上記に述べたようなハードウェアの構成およびデータの配置方法のメリットデメリットを充分比較検討する必要がある。

4. 社会基盤としての RFID

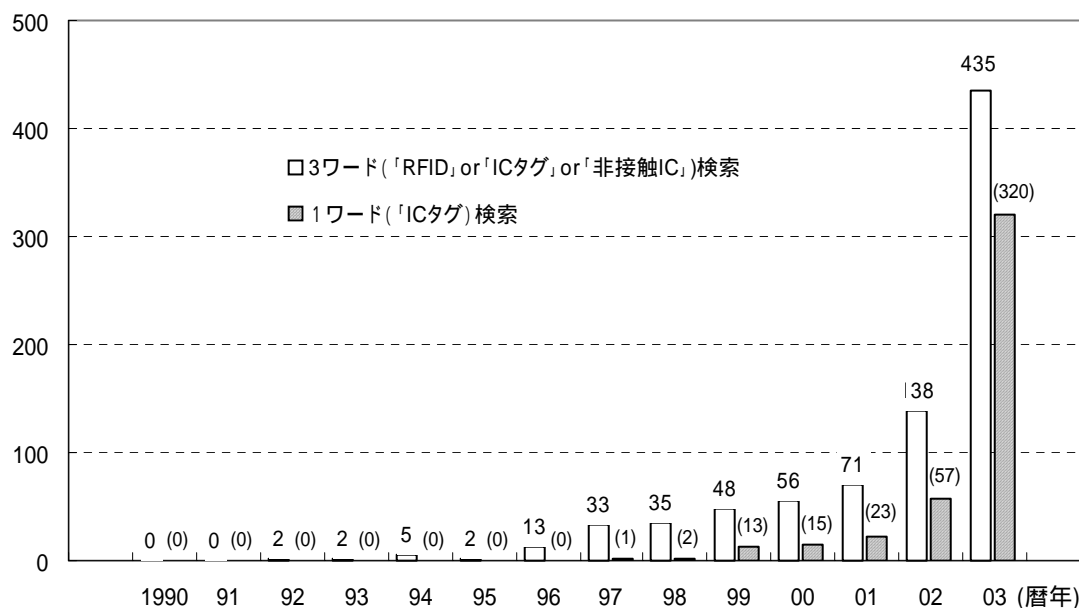
本章では、狭い意味での技術問題を離れて、「実用」という社会性の観点から RFID の特徴を整理し、実用化に向けた 2000 年代序盤の事例を考察していく。

4.1. 実用技術としての RFID の特徴

4.1.1. 急速に高まる社会的関心度

RFID を広義にとらえると、「無線を用いた識別 (ID)」であり、石上 (1998) によれば、既に 1950 年代のヨーロッパで畜産分野において適用が始まっていたとされる¹⁹。しかし、実社会での広範な利用という面で関心が高まったのは、1990 年代後半からである。日本では、ISO (国際標準化機構) による国際規格の完成を受けて JIS 規格化が完了し (2001 年度)、JR 東日本が 2001 年 11 月に導入した出改札システム Suica が順調に普及・拡大したことなどによって、非接触型 IC カードが関心を高めるようになり²⁰、さらに、超小型化と低価格化の進展で 2002 年頃から企業での導入事例が増えはじめた無線タグについては、政府の IT 戦略本部が 2003 年 7 月に決定した e-Japan 戦略でも重要性が指摘されるなど、RFID に対する社会の注目が近年急速に高まっている。

図 4-1 キー・ワード検索による RFID の関心度 (記事件数)



(備考) 日経四紙 (日経新聞, 日経産業新聞, 日経流通新聞, 日経金融新聞) を対象にしたキー・ワード検索結果。

磁気カード, バーコード, 接触型 IC カードに遅れて, この時期に「実用化」の面で注目されるよう

¹⁹ 石上(1998), p.3, 大熊喜之(2001), p.168 参照。

²⁰ 1994 年から 97 年まで行ったフィールド・テストと, 2001 年 4-6 月に行った最終のモニター・テストを経て実用化された。

になったのは、無線技術と IC 技術の結合という、RFID に固有の技術的特徴が関わっている。非接触型 IC カードや無線タグなどの RFID が、磁気カードやバーコードなどの競合する既存技術と差別化されて優位性を発揮するには、無線技術と IC 技術の結合で生じる飛躍的な利便性の向上が欠かせない。しかし、まさにこの点が、既存技術と比べた実用化の遅れにもつながった。RFID には、無線による通信のためのアナログ回路と、情報処理のための IC 本来のデジタル回路とが混在した設計が必要であり、かつ、それを低消費電力で作動させる技術が求められる。これらを全てワンチップ上に集積化し、しかも、実用化と普及のために低コストで製造するには、システム LSI の技術進歩を待たなければならなかった。研究開発の積み重ねによって 1990 年代の後半ようやくこれらの条件が満たされるようになり、1990 年代末から 2000 年代序盤にかけて、実用化の動きが一気に拡大したのである。

4.1.2. ID の対象の特徴 「ヒト」か「モノ」か

ここで、非接触型 IC カードと無線タグについて、実用性の観点からそれぞれの特徴を比較しておきたい。両者は、いずれも大量のデータ処理が可能で、セキュリティ機能が強く情報の精度を個体識別にまで高められるという、IC 技術に共通した優位性をもつが、認識される ID の対象、競合する既存の支配的技術、無線技術の意義、といった点で、それぞれ固有の特徴を有している（表 4-1）。

表 4-1 実用性の観点からみた RFID の特徴

		非接触型 IC カード	無線タグ
相 違 点	認識される対象	主として「ヒト」	主として「モノ（動植物含む）」
	競合する既存技術	磁気カード	バーコード
	無線技術の意義	・接触型カードにないメリット （迅速性、利便性、耐久性）	・バーコードとの対抗上は必須の条件 ・プラス の効果（一括処理 etc.）
共 通 点		IC の技術優位性（大量のデータ処理、セキュリティの高さ）	

まず、認識される ID としては、前者は基本的に「ヒト」が主要な対象であり、後者は動植物を含めた「モノ」が主要な対象である²¹。この点は、実用化を検討する際に重要なポイントといえる。なぜなら、第 1 に、認識される対象の「ヒト」あるいは「モノ」の社会性が異なるからであり、第 2 に、カードやタグといった ID の「媒体」に求められる物的特性が異なるからである（表 4-2）。

第 1 の点について、認識される対象が「ヒト」である場合、それは、自由な意思決定の主体であり、基本的に管理されることを嫌う。出退社時間管理など、社会生活を送る上で最低限必要な管理、あるいは、セキュリティ上必要な管理にはやむなく同意できても、トイレの利用状況や全商品の購買歴管理な

²¹ もちろん、無線タグを名刺大のホルダー（名札）に入れて「ヒト」が利用するなど、若干の例外はある。しかし、この場合も、IC カードと同程度のホルダーを利用するなど、「ヒト」の利用では、紛失防止などの観点から一定のサイズが要求される。

ど、私的領域に立ち入った過度の管理には拒絶反応が強い。これに対して、認識される対象が「モノ」である場合、それは意思決定の客体であって、社会性の観点からは管理の対象となる。小売店の商品在庫管理や宅配便の物流管理などの場面を想定すると容易に理解できるように、「モノ」は効率的に管理されることで、経済効果が高まり社会的なメリットを生み出す。

ちなみに、社会性という点では、法律上も「ヒト」と「モノ」の違いは大きい。動植物を含めて「モノ」は、意思決定の主体である「ヒト」の所有権の対象であり、売買が可能であるのに対して、「ヒト」は、当然ながら所有権の対象にならず、したがって、売買されることもない。それゆえ、生物か非生物かを問わず、「モノ」には、直接の支配と排他性を有する「物権」の概念が及ぶのに対して、「ヒト」には、ある行為を請求する権利やそれを履行する義務、すなわち、「債権・債務」の概念が適用されるという違いがある。この点は、RFIDの普及に伴って生じるであろう法的・制度的問題に対処する際にポイントになるであろう。

表 4-2 RFID の対象の比較

	「ヒト」	「モノ（含む動植物）」
認識される対象の社会性	<ul style="list-style-type: none"> ・意思決定の主体 ・管理されることを敬遠 ・所有権（売買）の対象にはならない ・法的には債権の概念が及ぶ 	<ul style="list-style-type: none"> ・意思決定の客体 ・管理されることにメリット ・所有権の対象（売買可能性） ・法的には、物権の概念が及ぶ
IDの物的特性	<ul style="list-style-type: none"> ・紛失を避けるために一定のサイズ ・管理の面で標準化された形状 （他の財との補完性、互換性、ネットワーク効果、ロックイン効果） 	<ul style="list-style-type: none"> ・極小化を追求する余地が大きい ・用途によって多様な形状

RFIDの特徴を突き詰めると、トレーサビリティ（履歴管理）だと指摘されるが²²、この点にも「ヒト」と「モノ」の違いが強く影響する。トレーサビリティは、「モノ」については長所となるが、それが顧客である「ヒト」の個人情報にリンクすると受けとめられた場合、顧客の反発を招きやすく、実用化と普及の面で障害となりかねない。したがって、「ヒト」に関しては、管理は「夜間の施設利用に際してセキュリティ上のメリットがある」など、意思決定の主体として管理を敬遠しがちな利用者を納得させる工夫が求められる。

次に、第2の物的特性について、サイズと形状の2つの面で考えると、IDが「モノ」に付与される場合、IDの媒体（タグ）には極小化を追求する余地が大きく、また、形状も用途によって多様であり得る。対象となる「モノ」は多種多様であり、かつ、リーダーで読み取れるならば付与されたタグが目につかなくても問題はなく、場合によっては目立たないことが要求されることもあるからである。これ

²² 国領他(2004)参照。

に対して、「ヒト」に付与される ID の媒体（カード）は、サイズと形状の制約が相対的に大きいと考えられる。「ヒト」が携行して利用するため、手にとって操作することや紛失防止を考慮すると、極小化は必ずしもメリットとはならず、一定の大きさと形状が求められるからである。しかも、媒体（カード）の管理の面で標準化と現状維持の性向が強く現れる。例えば、ID を収納する財布やカード・ホルダーを考えるとわかるように、他の財（財布など）との補完性が強いいため、当該 IC カードだけが異なるサイズや形状だと不便である。既に多くの磁気カード類が保有されているという現実が出発点となる以上、財布などの補完財が既存技術（磁気カード）のサイズや形状と互換性を有することが求められる。標準化と互換性を有する財・サービスでは、利用者の数が増加すればするほどメリットが生まれ（これを「ネットワーク効果」という）、かつ、一旦それが支配的になると、優れた新規格が出現しても、転換が困難になりがちである（これを「ロックイン効果」という）。すなわち、非接触型 IC カードは、ネットワーク効果やロックイン効果が強く働く領域に導入されるのであり、厳しい制約条件が既に存在しているのである。ただし、この制約条件は、サイズや形状の斬新性、利便性などが画期的に増すか、大規模な導入が一気に可能となる枠組が生み出されると、乗り越えることが容易である（例えば、携帯電話に小型カードを挿入するシステムを大学などに導入するケースが考えられる）..

4.2. 競合する既存技術と無線技術の意義

4.2.1. バーコードや磁気カードとの関係

純粋な技術問題にとどまらず、RFID が実用技術として普及していくためには、まず何より、コスト・ベネフィットの関係で競合技術に充分太刀打ちできなければならない。如何に優れた技術であれ、導入の費用が禁止的に高ければ「社会基盤」となるほどに普及することはできないが、RFID 技術の場合は、さらに、ゼロベースからの技術導入ではなく、それぞれに、磁気カードやバーコードというかなり普及した「既存技術との代替」という現実に直面する。

例えば、クレジット・カード考えると、磁気カード保有者に対しては、期限更新の際に磁気カードから非接触型 IC カードに切り替えることは可能であろう。しかし、カードは保有するのではなく利用されてこそ意味がある。クレジット・カードの保有者は、デパート、レストラン、ホテル、レンタカーなど、様々な加盟店舗で利用するのであり、加盟店舗のレジやカード・リーダーが切り替えられなければならない。ある店舗では利用できるが別のところでは利用できない、というのは不便であるという具合に、「ネットワーク効果」が働く。また、逐次切り替えでは、既存技術と新技術の併用による重複費用も生じるため、利便性と効率性を損なわないためには、一気に大掛かりな切り替えを実施することが求められる。

こうした切替費用（スイッチング・コスト）を前提にすると、まとまったシステムとして導入が完結するようなケース、あるいは、既存技術が利用されていない全く新規の導入ケースが実用化にはふさわしいと考えられる。いずれのケースも、磁気カードやバーコードといった既存技術に比べて RFID がコ

スト・ベネフィットの面で高い優位性を持つことが大前提なのは言うまでもない。前者のケースでは、切替費用を負担して有り余るだけの優位性がなければ実用化は失敗し、後者の新規導入ケースでは、もし既存技術と大差なければ、今まで同様、これらの技術無しでも不都合はないからである。

このことは、逆に、RFID が既存技術よりもコスト・ベネフィットではるかに優れた技術ならば、これまで磁気カードやバーコードを導入していなかった領域にも利用のすそ野を広げられることを意味している。大規模に普及し始めると、導入側と利用側の双方で、量産効果（規模の経済性）とネットワーク効果が働いて、コスト・ベネフィットが改善する。すると、コスト低下やベネフィットの増加が、さらに一層の普及を促すという、ポジティブ・フィードバック（収穫逡増）の過程に入り、加速度的な拡大軌道に乗る。その意味からも、競合する既存技術との関係を把握しておくことは重要であり、そのひとつの鍵が、既存技術との関係からみた無線技術の役割である。

4.2.2. 無線技術の意義

まず、非接触型 IC カードについてみると、競合する既存の支配的技術は磁気カードであるが、IC カードという点では、接触型 IC カードが存在しており、それが磁気カードを凌駕するほどの実用化に至っていない点が示唆に富む。すなわち、大量のデータ処理が可能でセキュリティや情報精度が飛躍的に高くなるというメリットは、過去においては磁気カードからの切替費用（スイッチング・コスト）を凌ぐほどのものではなかったと解されるのである。ここ数年で、非接触型 IC カードが急速に普及しているのは、接触型にはないメリットを備えているからに他ならない。接触型と非接触型の違いは、「無線技術の有無」であり、IC 技術に無線技術が結びついたことにより、財布などのホルダーに入れたまま迅速に利用できるという利便性や、読み取り機との接触がないためメカニカルな故障や磨耗が大幅に低下するという耐久性などの面で、高い優位性が備わったと考えられる。とりわけ、メカニカルな故障や磨耗に伴う機器類のメンテナンス費用は、後述するように、交通系の出改札機では、膨大な費用になるため、コスト削減効果が大きいとみられる。

他方、無線タグについては、小売店舗のレジを思い浮かべた上で、バーコードの代わりに「接触型」IC タグが存在すると仮定してみるとわかりやすい。IC が添付される「モノ」の形状が不安定な商品（例えば生鮮食料品）では、「接触型」のタグは、あったとしても、およそ実用的ではない。また、高額な高級品はともかく、スーパーなどの日常的な小売店舗で取り扱われる低価格品に、価格情報と品種・品番以外に大容量のデータ処理や高いセキュリティがそもそも必要かという問題もあったであろう。そして何より、競合する既存の支配的技術であるバーコード自体が、無線ではなくレーザー光線という違いこそあれ、既に「非接触」型の技術である。したがって、バーコードとの対抗上、IC 技術と無線技術の結合は必須の条件といわざるを得ない（表 4-1）。その上で、バーコードをさらに上回るプラスのメリットを備える必要がある。

やや大胆に単純化すると、実用化に向けた普及の面で、無線技術との結合は、IC カードの場合が（ほぼ確実に利便性、迅速性、耐久性の効果が伴うため）十分条件に近いと考えられるのに対し、無線タグの場合は、必要条件に過ぎないといえる。その必要条件に、大量のデータ処理が可能であることを活かした工夫（例えば、在庫段階での内部不正や店舗での万引き防止、色やサイズが多種類ある靴などの迅速かつ正確な商品管理、瞬時・一括のレジ計算、情報が価値をもつ高額品や食品に関して産地、メーカー、素材といった品質・安全管理情報の付与など）、特に情報の精度を個体の識別にまで高められるメリット（「集合に対する ID」から「個体への ID」付与が可能になった点）を最大限に活かすことで、はじめて実用化のメリットが生まれることになる。

4.3. 世界 17 カ国・地域の 100 事例にみる実用化の動向

4.3.1. 実用化事例の概観

実用技術としての RFID の上記特徴を踏まえて、以下では、2000 年代序盤における具体的な事例を整理しつつ、導入側と利用側の両面から、RFID 技術の実用化に関する分析的な視点を提示する。

本稿で取り上げる具体事例は、『IC カード総覧 2003-04』（日本 IC カードシステム利用促進協議会推薦、シーメディア刊）、『非接触 IC カード・RFID ガイドブック 2003』（非接触 IC カード・RFID 普及委員会編、シーメディア刊）、『RF タグの開発と応用 - 無線 IC チップの未来 -』（シーエムシー出版刊）、『RFID ハンドブック』（日刊工業新聞社刊）、『社会環境・先端技術の最新動向』（日本工業出版刊）、『月刊 Card Wave』（シーメディア刊）、『月刊バーコード』（日本工業出版刊）、『RFID Journal』（<http://www.rfidjournal.com>）等の資料を幅広く検索し、RFID 技術導入に関して、その分野（業種）、用途、地域、運営主体、導入時期、導入目的、システム概要などが横並び比較できる世界 17 カ国・地域、100 事例を任意に選んだもので、若干の事例についてはウェブサイトによる情報や聞き取り調査も加えた（表 4-3）。

任意に選び出した事例であるため、件数の分布について厳密な議論はできないが、リストアップされた事例を検討すると、分野的には、『運輸交通（日本 45 事例中 13 事例、海外 55 事例中 22 事例、合計 100 事例中 35 事例）および流通小売（日本 45 事例中 15 事例、海外 55 事例中 15 事例、合計 100 事例中 30 事例）』が多く、両分野で全体の 6 割を超している。運輸交通では、切符・定期券、出入国管理など、「ヒト」の動きに対する RFID 技術の適用と、車両管理、手荷物管理、貨物管理といった「モノ」に対する管理の両方に、RFID 技術が適用されている。他方、流通小売では、商品管理、在庫管理など、RFID 技術は圧倒的に「モノ」に対して適用されているが、一部には、顧客管理の面で「ヒト」にも応用する事例が散見される。

4.3.2. 実用化事例から窺える特徴

上記実用化事例を検討すると次に示す 2 つの特徴が窺える。第 1 は、認識される（ID の）対象に関

表 4-3 RFID 技術導入実用事例一覧

地域	分野	用途	システム・サービスの名称
1 日本	運輸交通	定期・切符	JR東日本・改札システム Suica(Super Urban Intelligent Card)
2 日本	運輸交通	定期・切符	山梨交通 バスICカード乗車券・定期券システム
3 日本	運輸交通	定期・切符	東急世田谷線非接触ICカード乗車券 せたまる
4 日本	運輸交通	定期・切符	全国初の異業者間共通バスICカードシステム 長崎スマートカード
5 日本	運輸交通	定期・切符	JR西日本の京阪神エリアの非接触ICカード乗車券 ICOCAカード
6 日本	運輸交通	定期・切符	富崎交通のバスICカード乗車券 富交バスカ
7 日本	運輸交通	定期・切符	東急トランセ代官山循環線バス タッチ式カードシステム
8 日本	運輸交通	定期・切符	阪急電鉄グループが発行を予定している PiTaPa
9 日本	運輸交通	定期・切符	札幌市地下鉄の全国初のポストペイICカード試験 S.M.A.Pカード実証実験
10 日本	運輸交通	手荷物管理	国際空港の高度IT化を促進する e-エポード実証実験
11 日本	運輸交通	手荷物管理	RFIDを用いた 航空手荷物管理情報システムの実証実験
12 日本	運輸交通	免許証	非接触ICカード利用による 運転免許証
13 日本	運輸交通	産廃物処理	産業廃棄物の不法投棄を防ぐための 環境ガードシステム
14 日本	流通小売	商品管理	流通SCM構築に向けた 次世代物流効率化システム実証実験
15 日本	流通小売	商品管理	アパレルサプライチェーン間における流通管理業務効率化システムの実証実験
16 日本	流通小売	倉庫管理	あるアパレル会社における 倉庫内業務の簡素化 高速化の取り組み
17 日本	流通小売	倉庫管理	μチップを利用した綿材管理システム KIDS(Kouzaai Identification System)
18 日本	流通小売	倉庫管理	流通センターにおける次世代向け自動倉庫システム E-stock & Retriever System
19 日本	流通小売	生産管理	食品工場向け RFIDを活用した低コスト生産管理システム
20 日本	流通小売	生産管理	耐環境・金属対応RFIDを使った 家電リサイクル率向上の実証実験
21 日本	流通小売	地域	駒ヶ根市を中心とした地域カード つれてってカード
22 日本	流通小売	地域	杉並区内4商店街400店舗で使えるポイントカード マルチずきなみカード
23 日本	流通小売	顧客管理	箱根小涌園コネクション ロッカー番号をIDとするキャッシュレスシステム
24 日本	流通小売	年齢確認	たばこ自販機の購入者年齢確認用非接触ICカード たばこカード
25 日本	流通小売	料金徴収	RFID内蔵の皿タグを使った 回転寿司精算システム
26 日本	流通小売	電子マネー	電子マネーEdvを利用したコンビニ決済システム
27 日本	流通小売	リサイクル	RFIDを使った 家電製品リサイクル率向上の実証実験
28 日本	流通小売	図書管理	店舗運営の効率化を実現する 非接触ICカードシステム
29 日本	教育企業内	学内利用	小中学校を中心とした地域のふれあいを深める ふれあいスクールシステム
30 日本	教育企業内	学内利用	学校法人ローエ学園湖北短期大学が実施する ICカード学生証
31 日本	教育企業内	住居利用	ICカードと携帯電話でマンションのセキュリティを高める T-SMAT
32 日本	教育企業内	住居利用	日本ホテルに導入された ICカード対応駐車場
33 日本	教育企業内	社内利用	日本企業のみ員証としては最大規模の発行枚数を誇る NTT社員証カード
34 日本	教育企業内	社内利用	ICBが自社新社員に導入したICカードリデュクション Office
35 日本	公共医療	図書管理	宮崎県北方町図書館における RFID図書管理システム
36 日本	公共医療	図書管理	国立広島県民病院が追悼平和祈念館における RFIDを利用した図書管理とマルチメディアコンテンツ
37 日本	公共医療	保険証	愛知県豊田地域を約40%網羅した 豊田市ICカード被保険者証システム
38 日本	公共医療	品質管理	μチップを利用した医薬品の製造時における検査装置
39 日本	サービス	入場者管理	東急が行う映画館の電子チケット実証実験 salus CAO PASS ICカード
40 日本	サービス	入場者管理	μチップを利用した展示会やテーマパークにおけるセキュアID管理
41 日本	サービス	情報配信	RFIDと携帯電話の連携によるコピキタス・ソリューション LE-X
42 日本	サービス	入場者管理	RFIDと光ディスクを組み合わせた「DISCA」による映画館写会チケット
43 日本	サービス	入場者管理	RFIDと光ディスクを組み合わせた「DISCA」によるイベント管理システム
44 日本	サービス	会員証	ラジオ放送とインターネット連動型サービスカード J-WAVE PASS
45 日本	サービス	電子マネー	アミュメント施設で後払いできるAPSポストペイカード
46 スイス	運輸交通	定期・切符	スイスの公共交通機関による交通系カード EasyRide
47 香港	運輸交通	定期・切符	香港の人口以上の発行枚数を誇る交通系ICカード オクトパスカード
48 シンガポール	運輸交通	定期・切符	シンガポールの人口約80%をカバーする交通系ICカード EZリンクカード
49 フランス	運輸交通	定期・切符	パリの地下鉄「メトロ」で導入される非接触ICカード乗車券
50 中国	運輸交通	定期・切符	中国の上海公共交通カード one card through
51 ドイツ	運輸交通	車両管理	Intelligent License Tagを用いた自動車認証システム
52 アメリカ	運輸交通	車両管理	アメリカ政府の会場輸送コンテナデロに向けた取り組み
53 アメリカ・EU	運輸交通	車両管理	RFIDを用いた自動車盗難防止システム
54 アメリカ	運輸交通	車両管理	カナダ・アメリカ国境におけるコンテナのチェックシステム
55 イギリス	運輸交通	車両管理	車両盗難防止システム イモビライザー
56 イギリス	運輸交通	車両管理	イギリスにおける コンテナ積でのクレーム管理
57 イギリス	運輸交通	車両管理	イギリスにおける 車検試験の待機システム
58 カナダ	運輸交通	料金徴収	セントジョンズ港断崖における電子料金徴収システム Hands Free vehicle Access System
59 マレーシア	運輸交通	料金徴収	非接触ICカードを用いた交通系カード Tochn Goカード
60 ニューゼaland	運輸交通	商品管理	ニュージーランドTranzRailにおける貨物輸送管理システム
61 香港	運輸交通	商品管理	香港空港における 空港けいりたりんくサービスの効率化
62 イギリス	運輸交通	倉庫管理	Derry Building Services Ltdにおける 部品の在庫管理
63 アメリカ	運輸交通	倉庫管理	Seimens Dematic社における 倉庫内管理の高速化実験
64 EU	運輸交通	入出国管理	μチップを利用した入出国審査および再入国審査
65 中国	運輸交通	入出国管理	香港と中国国境における税関手続きの迅速化
66 EU	運輸交通	手荷物管理	ブリュッセル・ストックホルムの空港における 空港手荷物取り扱システム
67 アメリカ	運輸交通	品質管理	低周波RFIDタグを用いた タイヤ空気圧監視システム
68 アメリカ	流通小売	商品管理	ブラダの店舗における 快適なショッピング体験
69 アメリカ	流通小売	商品管理	無線在庫管理システム Smart Shelf System
70 イギリス	流通小売	商品管理	音楽CDの海賊版撲滅のための追跡システム
71 イギリス	流通小売	商品管理	イギリス郵政省の 地下鉄メール配達システム
72 イギリス	流通小売	商品管理	メーカ 卸売 小売店舗が一体となった工場から小売店までの商品追跡システム
73 スウェーデン	流通小売	商品管理	Svenska Retursystem社の プラスチックバレット追跡管理
74 イタリア	流通小売	商品管理	ベネトンの商品を世界中で追跡するシステム
75 アメリカ	流通小売	生産管理	International Truck and Engine Corpにおける生産管理システム
76 アメリカ	流通小売	生産管理	ハードディスクメーカーSeagateが取り組む ハードディスク生産管理システム
77 フランス	流通小売	生産管理	自動車メーカープジョーの RFIDを利用した生産ライン管理
78 中国	流通小売	生産管理	Dejiが行う RFIDを用いたパルプ製造生産性向上
79 アメリカ	流通小売	品質管理	織物メーカーにおける 不良箇所検出システム
80 イギリス	流通小売	品質管理	Parcel Force社が推進する トラック集積場における運送トラック管理の効率化
81 イギリス	流通小売	顧客管理	イギリスのスーパーにおける 買い物補助システム
82 アメリカ	流通小売	倉庫管理	アメリカの新聞社における 新聞紙に使用される紙ロールの在庫管理
83 アメリカ	教育企業内	アクセス制御	近接型RFIDバッジと指紋認証を組み合わせた Bio Proximity Security System
84 アメリカ	教育企業内	アクセス制御	指紋認証技術を用いた非接触型スマートカード Biometric RFID Card
85 韓国	公共医療	多目的	政府主導による全分野利用の汎用型カード K-Cashカード
86 マレーシア	公共医療	多目的	行政とキャッシュ機能を搭載した マレーシアの多目的市民カード MyKad
87 アメリカ	公共医療	図書管理	図書館向けRFIDシステムILS(Intelligent Library System)
88 台湾	公共医療	経路追跡	台湾の病院における SARS院内感染経路の追跡
89 スウェーデン	公共医療	投票管理	錠剤パッケージに情報が組み込まれた 低コストRFID-likeシステム
90 イギリス	サービス	自動計測	World Golf Systemsが世界展開する ゴルフスコア自動集計システム
91 アメリカ	サービス	迷子捜索	アメリカのアミュメントパークにおける 迷子の検索システム
92 イギリス	サービス	倉庫管理	ヨーロッパレイトボイTVにおけるマスターテープ検索の高速化
93 アメリカ	サービス	顧客管理	遊園地におけるRFIDを用いた新しいサービス
94 アメリカ	サービス	犯人監視	アメリカ中西部の刑務所における 犯人追跡システム
95 アメリカ	サービス	電力監視	電力会社が行う RFIDを用いた電力不正使用の防止
96 EU	動物産業	生産管理	伝染病や品質保証の管理のための 家畜の電子式個体識別システム
97 EU	動物産業	レース監視	伝書バトレースにおける タイム計測および不正防止システム
98 アメリカ	金融	決済システム	American Express社における 新しい決済システムの開発
99 EU	金融	偽造防止	ユーロ紙幣に埋め込まれる 偽造防止用RFIDタグ
100 アメリカ	スポーツ	タイム計測	マラソン大会における タイム自動計測システム

(出所)『ICカード総覧 2003-04』、『非接触 IC カード・RFID ガイドブック 2003』、『FR タグの開発と応用』、『RFID ハンドブック』、『社会環境・先端技術の最新動向』、『月刊 Card Wave』、『月刊バーコード』、『RFID Journal』、その他の公表資料より作成。

する特徴であり、既述したとおり、「ヒト」の動きと一致するものについては主として非接触型 IC カードが、また、「モノ」の動きと一致するものについては主として無線タグが、それぞれ利用されている。ただし、非接触型 IC カードが「モノ」に利用されるケースがみられないのに対して、無線タグを「ヒト」に利用するケースは散見される。例えば、塾や学校の登下校時、あるいは、遊園地内における子供の迷子や誘拐対策としての利用である。この場合は、バッジにしたり小型の名札にも対応したりできるという点で、名刺大に規格化されたカードよりもタグの方が柔軟性が高くて便利だといえる。また、遊園地などの完結した領域の場合は、日常的な利用場面とは異なり、財布や他のカードとの関係から生起する補完性の制約がそれほど強く働くこともない。このように、「ヒト」の動きに一致する RFID の場合も、一定の条件のもとではタグ型に実用性が生まれることを示唆しているが、日常生活で繰り返し利用が要求される交通機関の定期券・切符の場合は、紛失や他の財との補完性の観点から、カード形状が一般的となっている。

第 2 は、RFID 技術導入の動機とメリットであり、そこには、導入側のメリットと利用側のメリットという 2 つの側面がある。如何にユーザの利便性が高くても、導入コストが高くて割に合わなければ、導入側の動機が弱く実用化はうまくいかない。反対に、如何に導入側に都合が良くても、ユーザ側で利便性が認識されなければ普及していかない。

交通系の定期券・切符システムを例にとると、既に磁気カードが普及していることもあって利用側のメリットは比較的単純であり、既存技術と比べてどんな追加的な利便性が備わるかという点に尽きる。非接触型 IC カードを利用する側のメリットとしては、財布から抜き出さずにかざすだけでいいという利便性の他に、大量のデータ処理が可能のため、ポイント制による割引や特典、あるいは、電子マネー機能の付与による駅周辺の店舗での小口決済の容易さ（小銭が不要）などがあげられる。その意味では、異業態も含めて複数の事業者間で利用できることは、ネットワーク効果を発揮して利便性を高める。

これに対して、導入側の動機はそれほど単純ではない。異業態も含めた複数事業者間のシステムは、導入決定に事業者間の調整が必要となり、運用に際しても決済等の面でシステムが複雑になるため、自社だけによる単一システムに比べて、時間的にも費用的にも負担が重くなる。特に、導入時期の設定では、利害が必ずしも一致しない。なぜなら、導入側の動機としては、既存システムの更新期という点が重要となるからである。

例えば、JR 東日本の場合、非接触型 IC カードのシステム導入には計画段階で 450 億円程度の費用が見積もられたが、他方で 1990 年から本格導入した磁気カードによる自動改札機の老朽化による更新が 2000 年ごろから到来し、その更新費用が 330 億円程度かかると見込まれていた。そのため、更新期に合わせて導入すれば、純負担分は差し引き 120 億円で軽減され、磁気式に比べて故障や磨耗によるメンテナンス費用が軽減されるため、その効果が年間 12～13 億円であれば 10 年で純負担分の 120 億円が解消されると判断されたと指摘されている（月刊 Card Wave, March 2002, pp. 35-36）。

つまり、ネットワーク効果は、利用側のメリットとしては大きいですが、導入側は事業者間の調整やコスト増加という負担を伴いやすいのである²³。実用化の際には、この点をどのような仕組みで克服するかが重要と言えるだろう。

導入側と利用側という観点で、実用化に際してもう一つ重要なポイントは、既述した「管理」という概念が与える印象である。これは、ID の対象が「ヒト」か「モノ」という問題に関係している。ID の対象が「モノ」である場合、それは、導入側（例えば小売店）からみても、利用者（例えば消費者）からみても客体であり、「管理」という概念は、比較的肯定的な印象を与える。導入側はトラック（情報追跡）によって、利用側はトレース（情報遡及）によってそれぞれメリットを享受できるからである。しかし、これが「ヒト」の動きに一致する場合、かなり強い拒否反応を招きやすい。先に検討したとおり、「ヒト」は意思決定の主体であり、安全上の目的などを別にすれば、管理されることを嫌う。ID の対象が「ヒト」である場合、利用側から見るとまさに本人（＝主体）であり、導入側に管理（トラック＝情報追跡）されるというのは、「監視」されるという意識につながりかねない。

表 4-4 導入側と利用側からみた「ヒト」と「モノ」

導入と利用の視点 \ ID の対象	ヒト	モノ	備考〔情報の性格〕
導入側の視点	「ヒト」は客体	「モノ」は客体	情報追跡（トラック）、情報専有
利用側の視点	「ヒト」は 主体	「モノ」は客体	情報遡及（トレース）、情報共有
〔備考〕情報の内容	権能の情報	管理の情報	

「モノ」に関しては、生産地や品質情報など履歴管理を肯定的に受けとめる利用者も、それが本人の購買履歴など「ヒト」の ID と結びつけて利用されることを忌避する傾向にあることは実例からも明らかであり、ベネトンの商品に関する追跡システムは、顧客のプライバシーを侵害される恐れがあるとの批判が相次ぎ、計画が白紙撤回されるという事態に陥っている²⁴。この一例は、「社会基盤としての RFID」を導入するに際して、技術的魅力と実用的魅力の違いが何かを、かなり掘り下げて検討する必要があることを端的に示している。

5. おわりに

以上、本稿では、近年急速に注目を集めている RFID 技術の発展経過と実用化の現状について考察したが、これは、九州大学システム LSI 研究センターにおいて、システム情報科学の技術系研究者と経済学の研究者が、システム LSI の有望な応用先と見られる RFID を共通テーマに、2003 年秋から議論してきた内容をとりまとめたものである。

²³ 生産側のスケール・メリットである「規模の経済性」と消費側のスケール・メリットである「ネットワーク効果」の違いについては、篠崎(2003)第9章参照。

²⁴ <http://www.newswithviews.com/Mary/starrett4.htm> 引用

専門分野の異なるメンバーが、2003 年度後半の極めて限られた期間に多忙なスケジュールを調整して議論せざるを得なかったため、個々の内容については、当該分野の専門家からみると踏み込み不足な点もあろうかと思う。特に、実用化に関する具体事例の分析では、既存の公表資料の中から目についたものを任意に取り上げるといった手法がとられており、事例抽出の基準が曖昧で必ずしも客観的ではない。また、体系的に設計されたアンケート調査や聞き取り調査を実施しておらず、散発的調査にとどまったため、実態調査という点で不十分さを残している観は否めない。

これらの点は、今後の課題であるが、現在進行形で動いている RFID 技術の実社会への応用・導入について、技術系研究者と社会科学系研究者が集中的に議論を行ったことは、「社会基盤としてのシステム LSI」問題に取り組んでいく上で、意義深い出発点となった。その意味で、本稿は、まさに、ここから議論を発展させていくためのたたき台の試論であり、今後は、具体的な RFID 技術導入の実証実験や事例研究を積み重ね、SLRC Discussion Paper Series を通して、幅広い専門領域からの深く掘り下げた議論を結集していくことが重要であることを指摘しておきたい。

<参考文献一覧>

- 浅野恭右監修(1998)2002『バーコードのおはなし』(財)流通システム開発センター編,日本規格協会,第1版第14刷.
- 鮎川幸司(2003)「アジア太平洋地域の IC カード動向」『IC カード総覧 2003-04』日本 IC カード利用促進協議会推薦,シーメディア.
- 石上圭太郎(1998) 2003「非接触 IC カード事業の展開」『非接触 IC カードの技術と応用』宮村雅隆・中崎康貴監修,シーエムシー出版,2003 年 2 月普及版.
- 岩田昭男(2003)「IC カードの歴史」『よくわかる IC カードビジネス』,実業之日本社.
- 大熊喜之(2001)「IC カードの種類と特徴」『e-コマースシステム技術大系』片方善治監修,フジ・テクノシステム.
- 奥平進他(2003)「国内における各分野の IC カード導入動向と活用事例」『IC カード総覧 2003-04』日本 IC カード利用促進協議会推薦,シーメディア.
- 粕谷周史(1998) 2003「非接触 IC カード事業の展開」『非接触 IC カードの技術と応用』宮村雅隆・中崎康貴監修,シーエムシー出版,2003 年 2 月普及版.
- 国領二郎他(2004)『デジタル ID 革命』日本経済新聞社.
- 古坂裕彰(2003)「RFID を利用した航空手荷物仕分けシステム実証実験について」『RF タグの開発と応用-無線 IC チップの未来-』寺浦信之監修,シーエムシー出版.
- 篠崎彰彦(2003)『情報技術革新の経済効果』日本評論社.
- 白樺薫他(2000)2002「IC カードの概要」『IC カードビジネス最前線』UFJ 総合研究所情報通信・家族社

会室著，工業調査会，初版第2刷．

鈴木貴典(2003)「国際空港の高度IT化を先導するe-エアポート」『社会環境・先端技術の最新動向』月刊「バーコード」編集委員会編，日本工業出版．

都倉信樹(2002)「入門者のためのバーコード講座」『月刊バーコード'02年1月号』，日本工業出版．

長沢健二他(2003)「海外における各分野のICカード導入動向と活用事例」『ICカード総覧2003-04』日本ICカード利用促進協議会推薦，シーメディア．

永田四朗他(2002)『非接触ICカード・RFIDガイドブック2003』非接触ICカード・RFID普及委員会編，シーメディア．

西下一久(1998)2003「RFIDのLSIと通信システム」『非接触ICカードの技術と応用』宮村雅隆・中崎康貴監修，シーエムシー出版，2003年2月普及版．

平松雄一(2003)「総括」『ICカード総覧2003-04』日本ICカード利用促進協議会推薦，シーメディア．

前田三男(1991)1999「電磁誘導と磁気エネルギー」『電磁気学の基礎』，昭晃堂，初版第7刷．

宮原大和(2003)「RFタグを利用した流通システム-アパレル業界でのRFタグの利用-」『RFタグの開発と応用-無線ICチップの未来-』寺浦信之監修，シーエムシー出版．

Kalus Finkenzeller(2001)2003「基本動作原理」『RFIDハンドブック』ソフト工学研究所訳，日刊工業新聞社，初版第2刷

Mitsuo Usami, and Masaharu Ohki “The μ -chip: An Ultra-Small 2.45GHz RFID Chip for Ubiquitous Recognition Applications,” IEICE TRANS. ELECTRON., Vol.E86-C, No.4, pp.521-528, April 2003.

『月刊CardWave』各号（シーメディア刊）

『月刊バーコード』各号（日本工業出版刊）

【SLRC Discussion Paper Series バックナンバー】

Vol. 1, No. 1 社会基盤としてのRFIDに関する考察 非接触型ICカードおよび無線タグの技術発展経過と実用化 , 篠崎彰彦, 浜崎陽一郎, 納富貞嘉, 井上創造, 安浦寛人, April, 2004

SLRC Discussion Paper Series について

今日, システム LSI は, 研究開発, 設計, 生産, 利用を通じて, 社会のあらゆる場面に影響が及んでいる. こうした現実を踏まえて, 九州大学システム LSI 研究センターは, 「社会基盤としての LSI」に関する幅広い領域の調査・研究を発表する媒体として, SLRC Discussion Paper Series を不定期に刊行することとした. 技術や社会の変化が激しさを増す中, このシリーズを通じて, 実証実験や実態調査をもとにしたタイムリーな問題提起がなされ, 専門領域の異なる研究者間の議論を活発化して, 学際的な叡智結集の一助となることを願う.