

『ビジネス戦略としてのRFID』

利用事例と将来展望

急速な普及が期待されるRFID。ユビキタス環境におけるさまざまなインタフェースへの応用が考えられる。

RFIDタグ(Radio-Frequency Identification Tag)や非接触ICカードについての話題を聞かない日はないといえる。これらの技術が近年大きな注目を集めている。

RFIDタグはバーコードに代わるものとして物流業界などで徐々に普及しつつあったものの、少し前までは、一部の博物館などを除き、一般ユーザーの目に触れることはほとんどなかった。しかし各種の小型RFIDタグが実用化されたり、JRで定期券として採用されるなど、近年急速に普及が広まりつつある。

本稿では、急速な普及が期待されるRFIDの特徴について述べ、現在の利用状況及び将来のユビキタスコンピューティング環境におけるさまざまなインタフェースへの応用について解説する。

利点と問題点を同時に抱えるRFID

RFIDタグとその特徴

RFIDタグへの期待が近年急速に高まってきている。RFIDタグとは、短波やマイクロ波を利用して非接触的に情報を読み取ることができる小型の装置で、

太さ数ミリメートルのカプセル状のもの、クレジットカードサイズのものの、1ミリメートル以下の粒状のものなどさまざまな形状のものが存在する。

リーダーから電磁誘導により供給される電源を利用して内部メモリの読み出しが行われるため、タグ内に電池を内蔵することなく大量の情報を持することができる。

RFIDタグはもともバーコードの制約を解消するために開発されたもので、バーコードよりもはるかに多くの情報を格納でき、非接触で高速に読み取りができるという特徴を持っている。また、情報の書き込みが可能なもの、一度にたくさんタグを読み取ることができるもの、タグ内部で演算を行えるものなど、高度な機能を持つRFIDタグも存在する。

バーコードはこれまで、荷物や商品の場所を調



増井俊之 [ますい・としゆき]

独立行政法人産業技術総合研究所
情報処理研究部門

1982年、東京大学工学部電子工学科卒業。1984年、同大学院工学系研究科電子工学専門課程修士課程修了。同年、富士通株式会社入社。その後、シャープ株式会社、カーネギーメロン大学客員研究員(1989-1991年)、株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所を経て、2003年4月から現職。工学博士。情報検索、テキスト入力、情報視覚化、実世界指向インタフェースなどユーザーインタフェース関連の研究に従事。情報処理学会理事、ヒューマンインタフェース学会理事。平成14・15年度、IPA未踏ソフトウェア事業プログラムマネージャ。

べたり商品の価格を計算したりする用途に主に使用されてきたが、RFIDタグも同様に、もの位置や属性を迅速に調べたい場合に使用されていることが多い。流通業における配送状況の把握、小売店のレジ計算や商品管理、図書館での蔵書管理、回転寿司の皿数計算など、現在、さまざまな用途に広く利用されている。近年はJR東日本のSuicaカードやJR西日本のICOCAカードのように、ユーザーがRFIDタグを直接持ち歩いて利用するものも普及してきており、多くの人々になじみ深いものとなってきた。

RFIDと固有ID

バーコードは商品等の属性情報を高速に読み取るために使われる用途がほとんどであるが、RFID技術も同様に、いろいろなものを情報を読み取るために使われていることが多い。しかし、現在普及しているバーコードは、商品などの属性を表現しているのに対し、すべてのRFIDタグは固有のIDを持っており、個別のもの表現するのに使用できるという点が大きく異なっている。

例えば、商品に使われているJANコードや書籍に使われているISBNを表現するバーコードは、国、メーカー、出版社の番号を含んでおり、バーコードを見れば製造国や会社がかかるようになっているが、個々の商品をIDで区別することはできません。あくまで商品の属性を表現するために利用されている。つまり、一つの商品のIDを読み取ることでその商品の製造国などの属性を知ることにはできるが、IDを基にして一つの商品や書籍を特定することはできない。

一方、RFIDタグを使うと、個々のものと情報を一対一に結び付けることができる。

一意のIDを持つRFIDタグを、ものに装着するのと比べて、あらゆるものを一意のIDと結び付けることができるが、そのIDは計算機上の任意の情報を関連付けることができるから、あらゆるものを計算機情報と一対一に関連付けることができるわけである。

RFIDタグは大容量のメモリを内蔵するものもあり、タグの内部に多くの情報を格納することもできるが、タグが一意のIDを持ちさえすれば、ネットワークで接続された計算機上の情報と一対一に対応付けることが可能なので、情報

が実際にタグ内部に格納されているかどうかは重要な違いではない。

JRの改札口のRFIDリーダーがSuica定期券を読み取ったとき、そのリーダーは定期の属性(e.g. 東京、横浜の通勤定期)を取得できるだけでなく、定期券の持つ固有IDを基にして、それに関連するあらゆる情報(所有者の名前、利用履歴なども参照できる)になるから、JRは改札口をいつ誰が通過したかの完全な情報を持つことになる。定期券の利用状況は完全にJRが把握しているのだから、定期券を紛失しても簡単に再発行してもらえぬのは大きな利点であるし、使用履歴が認証に利用できるといった利点もあるかもしれない。しかし、自分の行動をJRに知られずにSuica定期を利用することは不可能であるから、プライバシーの問題になるかもしれない。

このように、RFIDのような固有IDを用いたシステムでは、利点と問題点と同時に生じることになる。

RFIDタグと扱う情報の関係

前述のように、固有IDをもつRFIDには任意のデータを関連付けることが可能だから、RFIDを、扱いたいデータそのもののように扱うことができる。

ネットワークが完備していれば、データそのものそのIDは同等と考えられる。データの交換には現在はプロセッサやCDROMがよく用いられているが、ネットワークが使える環境では、データそのものを受け渡す代わりにそのデータを表現するIDを受け渡せば済むはずである。

例えば、ユーザーが利用するSuicaの中に、どこまで個人情報や利用履歴が含まれているかは分からなくとも、Suicaの固有IDを基にJRの計算機にアクセスすれば個人情報や利用履歴にアクセスできるわけだから、Suicaカードの中にあらゆる情報や利用履歴が含まれていると考えても不都合は生じない。同様に、データを格納したプロセッサを受け渡す代わりに、データはネットワーク上に置いておいて、そのデータを表現するRFIDタグを受け渡してもユーザーの手間はほとんど変わらない。

このように、RFIDタグはCDROMやプロセッサと同じように、情報そのものとして扱うことが可能である。

RFIDリーダーとRFIDタグの関係

RFIDタグをRFIDリーダーで読み取る操作により、その時刻にRFIDタグとリーダーが同じ場所にあつたということが分かることになるが、これはRFIDリーダーが表現する情報とRFIDタグが表現する情報に関連が定義されること（同じこと）である。

RFIDタグ及びRFIDリーダーがすべて異なっており、すべての情報がネットワーク上で共有される場合には、RFIDタグとRFIDリーダーの関係はほぼ対等と考えて良い。RFIDタグAをユーザーが持ち歩いて、ネットワークに接続された複数のRFIDリーダーB1、B2、…にそのRFIDタグを読み取らせていく場合と、ネットワークに接続されたRFIDリーダーAを持ち歩いて複数のRFIDタグB1、B2、…を読み取っていくことの違いはほとんどないからである（どちらの場合も、A B1、A B2、…の関係が定義されることになる）。

例えば、あらゆるポスターにRFIDタグが添付されていてそこに商品情報が格納されていれば、RFIDリーダーを持ち歩いて商品情報を取得していくという使い方が考えられるが、ネットワークの利用が前提にならなければ、あらゆるポスターにRFIDリーダーを搭載して、自分固有のRFIDタグを持ち歩いてポスターのリーダーに読み取らせることによつても同様のことができるはずである³⁶⁾。

RFIDリーダーはRFIDタグよりも高価であるから、RFIDリーダーの数がRFIDタグよりも少なくなるようなシステム構成を選ぶのは良い。前述の例の場合、ポスターの数がユーザーの数より少ない場合（e.g. 街頭に限られた場所にある場合など）は、ポスターにリーダーを設置するほうが良く、ポスターの数がユーザーの数より多い場合（e.g. DMで配送する場合）はユーザーがリーダーを持ち歩いて使うのが良いだろう。

RFIDはどのように利用されているか

RFIDが現在どのような分野でどのように利用されているかを述べる。

利用形態による分類

前述のよつに、RFIDタグとRFIDリーダーはさまざまな方法を組み合わせで利用することができる。現在は、RFIDリーダーが移動する使用法は少なく、移動するRFIDタグを固定されたRFIDリーダーで読み取るようなシステムが一般的である。

以下、利用形態別に分類して示す。

* RFIDタグを添付したものが移動するもの

物流業界ではこのような利用が一般的である。図書館の蔵書すべてにRFIDタグを付けて貸出管理や書棚管理に利用する試みが行われている。また、回転寿司の皿にRFIDを埋め込むことにより、一瞬で会計計算を行うシステムは実用化された。

* 人間がRFIDタグを持ち歩いて使うもの

近年、最も普及がめざましいRFIDタグは、J-RRのSuicaカードではないかと思われるが、これは人間がRFIDタグを持ち歩いて利用する例になっている。RFIDタグは認証にも利用できるし、Georgia TechのAware Homeプロジェクトでは、家の床のあちこちにRFIDリーダーを設置しておくことにより、RFIDタグを埋め込んだ靴をはいた人間がその上を歩くことにより人間の移動を検出するという実験を行っている。

* 人間がRFIDリーダーを持ち歩いて使うもの

商品の棚卸しなどのためにバーコードリーダー付きのハンディターミナルを持ち歩いて使うことは多いが、RFIDリーダーを持ち歩いて使う応用は現在ほぼほとんどない。しかし、RFIDリーダーが小型化して普及すれば、人間がRFIDリーダーを持ち歩いて使う方法もこれから増えてくるかもしれない。玉川大学の椎尾一朗氏のNavGestシステム³⁷⁾では、床に埋め込んだ多数のRFIDタグを、ゲタに埋め込んだRFIDリーダーで読み取ることによつてユーザーの位置を認識している。

用途による分類

現在のところ、バーコードの利用法と同じよつに、ものに付属する属性を手軽に利用するためにRFIDを利用しているシステムが多い。

*ものを捜す

図書館の蔵書すべてにRFIDタグを装着した場合、貸し出しなどの処理が簡単になるだけでなく、蔵書がどこにあるかを簡単に把握することが可能になる。

図書館に限らず、あらゆるものにRFIDタグが添付してあれば、ものを捜す労力は著く軽減されるであろう。整理整頓が必要なのは、見栄を良くするためよりも、ものを探すのに便利だからであるが、あらゆるものにRFIDタグが付いていれば、整理しなくても、もの場所を簡単に知ることができることから、苦勞して整理を行う必要は少なくなるかもしれない。

*ものに関する情報を得る

図書館の蔵書にRFIDタグを装着すると、本の検索に便利だけでなく、本に関する情報をネットワークから取得することもできる。前述の回転寿司の例では、皿の値段という属性が瞬時に得られるようになるであろう。Suicaの場合にはカードの持主や使用履歴という情報が得られることになる。

大阪千里の国立民俗学博物館の「ものの広場」(写真1)という展示では、展示物の説明を行うのにRFIDタグが効果的に利用されている。ここでは、セネガルの竹籠のような、世界各地のさまざまな日用品が展示されているが、展示物にはRFIDタグが巧妙に埋め込まれており、「写真の」と書かれた台の上に持つていくとその展示物についての説明ビデオや音声を鑑賞することができるようになる。

*移動履歴の取得

同じIDを持つRFIDタグが複数のRFIDリーダーで認識されたとき、そのタグが添付された何かが移動したことがわかる。

*認証

RFIDタグで認証を行うことにより、RFIDタグを鍵の代わりに利用することができるようになる。Suicaで改札口を通るのも認証である。普通の鍵は扉を開くためにしか利用できないが、RFIDタグは一つの鍵に使えるだけでなく、な



写真1 ものの広場

またさまざまな認証に利用できる。

箱根小湧園では、風呂の利用者にRFIDタグ付きのバンドを渡して便宜を図っている。RFIDタグはロッカーの鍵として使えるだけでなく、飲料の購入などさまざまな用途に利用できる。利用者は、風呂の中で財布を持ち歩かなくても、腕にはめたバンドだけで各種のサービスを得ることができるので便利である。

ユビキタスを実現する実世界指向インタフェース

ユビキタス環境におけるRFIDの利用

いつでもどこでも誰でも計算機やネットワークを利用することができる、いわゆる「ユビキタスコンピューティング」環境を実現するための研究開発が盛んに行われている。

ディスプレイ、キーボード、マウスのような入出力装置は安定した机の上でしか使うことができないから、どこでも計算機を使えるようにするためには新しい入出力装置例えば、どこにでもある机、壁、紙、家具のようなものが必要になる。また、「ユビキタスコンピューティング環境では計算機内部の情報と計算機外部の情報をシームレスに結び付ける技法も必要になる。もつた名刺の情報を計算機で利用しようとするとき、普通は名刺に印刷された情報を計算機上の住所録として入力し直す手間が必要であるが、計算機の内部と外部の差が小さければ、名刺を直接計算機のデータとして利用することができるはずである。

計算機を操作するのに、現在普及しているような入出力デバイスではなく実世界に存在する前述のような各種のなじみのあるものを利用する、いわゆる「実世界指向インタフェース」の研究が盛んであるが、実世界のものの情報を計算機に取り込むためには各種のセンサーが必要である。

実世界指向インタフェースでは、センサーを持たない各種のものを使って計算機を操作できることが望ましいが、どのようなものであってもRFIDを添付すればRFIDリーダーを使ってその位置や属性を取得することができると、ユビキタス環境における実世界指向インタフェースを実現するのにRFIDは非常に有用である。例えば、名刺に添付されたRFIDの中に名刺と同じ情報が格納されていた場

合、名刺をRFIDリーダーで読み取るだけで印刷情報が計算機情報としてすぐ利用できるから、計算機の外の情報が簡単に計算機内の情報に変化したような操作感を得ることができる。

このように、日用品や文房具にRFIDタグを添付すれば、それらを使う操作を計算機への入力操作として使うことができるようになる。ちなみに、実世界指向インタフェースシステムの出力装置としては、普通の机や壁などあらゆる場所に情報を提示できるプロシエクターが利用されることが多い。

実世界指向インタフェースに

RFIDタグを用いる例

RFIDタグを積極的に利用した実世界指向インタフェースの研究例をいくつか紹介する。

* AwareHome

GeorgiaTechのGregoryAbowd氏が中心となって、本当の家を使った実世界指向インタフェースの実験を行う「AwareHome」プロジェクトが進行中である(写真2)。AwareHomeは、家中に各種のセンサーやネットワークが装備され、床のいろいろな場所にRFIDリーダーが設置されており(写真3)、ユーザーの移動を把握することができるようにしている。

* Senseboard

MITMediaLabのRobJacob氏は、RFIDリーダーをホワイトボードに組み込んだ「Senseboard」というシステムを開発している(写真4)。RFIDタグを



写真2 家がまるごと実世界インタフェースの実験室になっているAwareHome



写真3 AwareHomeの床のRFIDリーダー

埋め込んだ磁石板をホワイトボード上で動かす、ホワイトボードにプロシエクターで画像を投影することにより、スレッドシートのようなアプリケーションがより直感的に利用できる。

* 東大先端研の床

東大の先端科学技術研究センターの廣瀬通孝氏は、建物の入口付近の床にRFIDタグを多数埋め込み、その上を移動するユーザーが正確に自分の位置を認識することができるようインフラを構築して、実世界情報処理の実験を行っている(写真5)。

* 歩行者ITS

日立製作所の鶴沼宗利氏は、RFIDタグを利用した「歩行者ITS(Intelligent Transport Systems)システム」を開発している。点字ブロックに埋め込まれているRFIDタグに記録された位置情報をRFIDリーダーを内蔵した杖で読み取りつつ、方位センサーで歩く方向を検出することにより、視覚障害者の歩行を音声などで支援することができる(写真6)。

* センシングボード

多摩美術大学の楠房子氏は、多数のRFIDリーダーを格子状に並べた「センシングボード」の上に、ユーザーRFIDタグを内蔵するコマを並べることによってグループ作業や学習を支援する各種の研究



写真4 Senseboard



写真5 RFIDタグが埋め込まれた床



写真6 歩行者ITS

を行っている。上に置いたプロジェクターからセンシングボードに画像を投影することにより各種のフィードバックを得ることができ(写真7)。

* DataTiles

「DataTiles」は、RFIDタグを埋め込んだ透明パネルを液晶ディスプレイの上に並べることによって、マウスやペンを使うより直感的に計算機操作を行えるようにしたシステムである。パネルの並べ方によっていろいろな操作を指示することができる(写真8)。

RFIDの応用方法は無限

前節で述べたように、RFIDを利用した新しいインタフェース手法の研究が盛んに行われているが、RFIDタグを使うことにもものに情報を添付できるだけではなく、添付した任意のものを計算機の入力装置として利用できるようにする点が重要である。今後は、人間やものの位置や移動を検出して利用するだけでなく、RFIDタグを能動的に計算機操作に利用するような使われ方が、更に増えてくると思われる。

マウスは位置の変位を出力するデバイスであり、キーボードは押されたボタンの番号を出力するデバイスであるのだが、マウスの変位やボタンの上下を利用するためにこれらのデバイスを使うわけではなく、メニュー操作のようなGUI操作や文字入力などを行うためにこのようなデバイスが使われているわけである。

IDや付属情報を知るためにRFIDを利用するといったことは、ものの位置の変位を知るだけのためにマウスを利用するのと同様である。マウスが計算機を



写真7 センシングボード



写真8 DataTiles

制御するための汎用装置として使われているのと同じように、RFIDも汎用的な入力装置として使うことができる可能性がある。キーボードを使わず、RFIDを駆使して文章を作成したり編集したりしても不思議はない。

RFIDは汎用的入力デバイスであり、RFIDリーダーとRFIDの配置の柔軟さを考慮すると、RFIDの応用方法は無限であることが実感されるであろう。

さまざまな問題を越えて

あらゆる商品やカードにRFIDを添付して利用しようという動きが活発であり、有効に利用する方法やプライバシーの問題などの議論が現在盛んになっているが、RFIDタグはユビキタス環境における汎用入力デバイスとして利用される時、その真価が発揮されるであろう。

今後新しい応用が更に浸透し、いつでも誰でもどこでも情報を簡単に扱うことができるようになることを期待したい。

(注1) 長年にわたり、ある経路を往復したという履歴情報や、出張した日には定期が使われなかったといったことをJRが保証してくれるのであれば、強力な個人認証ツールとして使える可能性がある。例えば、電車に乗っている時は、家や会社にはいないわけだから、タイムカードと定期使用時間は絶対重ならないはずである。

(注2) 産業技術総合研究所の山本吉伸氏は、街中のいろいろな場所にセンサーターを配置して、自分のOSをもち歩いてそれらに読み取らせていくことにより、いろいろな情報を取得する手法を提案している。

参考文献

- [1] <http://www.cc.gatech.edu/ce/ahr/>
- [2] <http://silo.sle.eng.tamagawa.ac.jp/projects/aiopen/index.html>
- [3] <http://www.englink21.com/~engcolumn2/cim069/cim00.html>