

ユビキタス・サービスが変革する IT の世界

山本 修一郎

無線 IC タグ (RFID タグ) がユビキタス・ネットワーク社会の先駆けとして大きな注目を集めている。本稿では、まずユビキタス・サービスの本質的な価値を明らかにするとともに、これらの価値を実現するユビキタス・サービスを分類することにより IT への影響を分析する。次に RFID タグを用いたユビキタス・サービスの具体的な事例としてユビキタス・プラットフォームを用いた RFID タグ実験について述べる。さらにユビキタス・プラットフォームの効果ならびに商品と RFID タグの関係を考察する。

キーワード：ユビキタス・サービス，ユビキタス・プラットフォーム，ユビキタス・ネットワーク社会，RFID

1. はじめに

ユビキタス・ネットワーク社会の進展により、RFID タグ[1, 2]に代表されるようにコンピュータ資源がいたるところにあるモノや商品に浸透していくことがもたらす作用には、次のような分散化と再結合という二つの方向がある。

(1) 分散化への触媒：社会を分散化させる方向では、いつでもどこでも計算機資源が使えるだけでなく計算機資源自体が地理的空間的にも拡散していく。

(2) 再結合への接着剤：分散しているリソースを結合させる方向では、このような分散された複数の計算機資源をネットワーク上で協調的に連携させ活用するための安全な機構が必要となる。

本稿では、ユビキタス・サービスが IT に与える影響を一般的な視点と具体的な視点の両面から実証的に分析する。まずユビキタス・サービスの本質的な価値をこれまでに提案されている事例に基づいて抽出する。次いでこれらの価値を実現するユビキタス・サービスを分類することにより、ユビキタス・サービスが IT に与える一般的な影響を明らかにする。

次に、筆者らが参画した RFID タグによる食品トレーサビリティ・サービス実験を事例として、IT への具体的な影響を分析する。とくにユビキタス・プラットフォームの有効性ならびに商品と RFID タグとの関係について考察する。最後にユビキタス・ネットワーク社会を実現する上で解決すべき課題を述べる。

やまもと しゅういちろう

(株) NTT データ

〒104-0033 中央区新川 1-21-2

2. ユビキタス・サービスのもたらす本質的価値

筆者らはユビキタス・ネットワーク社会に向けたユビキタス・サービスの内容を分析することにより、「ユビキタス的価値」として次の六つの要素を明らかにした[3]。

(1) 所有から利用へのパラダイム・シフト

有形物（商品）に対する無形物（情報）の価値が相対的に高まることによって、商品を所有することの価値が薄まり、利用への価値の移行が促進され、効率や利便性が高まる。またユビキタス・ネットワーク社会ではあらゆる無数の有形物がネットワークにつながるようになるので、これらすべてを所有すること自体不可能であり必然的に利用することになる。

例：音楽の CD 販売からネット配信販売，ICVS（インテリジェント・コミュニティ・ビークル・システム）

(2) Non-PC のネットワーク化

PC 以外の情報機器をネットワークに取り込むことで、それを意識することなく新たな利便性を提供することができる。

例：POS 端末，ネット家電，モバイル機器，PDA

(3) トラッキング

ある対象物の位置・状態を、ネットワークを活用して追跡管理することによって、安全、安心、効率などの価値を提供することができる。

例：RFID タグによる SCM（サプライチェーンマネジメント）、建設機械の保守・監視サービス、製品ライフサイクル管理

(4) センシング

センサによって採取したデータを、ネットワークを介して活用することによって省力化したり、不確実性を減らしたりすることができる。

例：遠隔介護サービス、廃棄物管理システム、環境監視システム

(5) 時空間の短縮

様々な場所から、いつでもネットワークに接続できるようになるため、時間・場所の制約にとらわれずにサービスを受けることができる。

例：どこからでも利用できるような e-learning システムや遠隔医療サービス

(6) 分散した力の集約

分散している力（知識、頭脳、労働力、CPU、メモリ等）を、ネットワークを活用して集約し、大きな力や一つのサービスとして提供することができる。

例：社内に分散したノウハウをネットワーク経由で集約して活用するナレッジマネジメント、コールセンターの SOHO 化、PC グリッドコンピューティング

3. ユビキタス・サービス

上述したユビキタス的価値を具体化するサービスを分類するための視点として、ネットワークへの接続形態（①いつでも・どこでも②なんでも）と、ネットワークに接続された対象が扱う情報の種類（①物理的②意味的）が考えられる。この二つの視点に基づいてユビキタス・サービスを整理すると図1に示すような3種類になる。

- ・モバイル型サービスでは、いつでもどこでもヒトがユビキタス・サービスを利用できる。
- ・M2M型サービスでは、ヒトとヒトだけでなくヒ

トとモノ、モノとモノなど、なんでもユビキタス・サービスを利用できる。

- ・コンテキスト活用型サービスでは、商品やヒトのおかれた状況を理解して適切な情報を提供したり、意思決定を支援する。

これらの3種類のユビキタス・サービスごとに、その特徴を明らかにする。

3.1 ユビキタス・サービスの特徴

(1) モバイル型サービス

利用場所・利用時間を問わず、いつでもどこからでもネットワークに接続し情報にアクセスできるサービスである。モバイル型サービスの例としては、ホットスポット、携帯電話やPDA、情報家電等によるインターネット接続、マルチメディアキオスク端末などが考えられる。モバイル型サービスの特徴をまとめると次のようになる。

- ・ネットワークからコンテンツを取得し、情報機器で利用する
- ・Webに蓄積されたデータをいつでもどこからでも利用する
- ・モバイル機器を利用してシームレスなコミュニケーションを支援する
- ・社内に分散するノウハウや知的資産をネットワークを通じて有効活用する
- ・在宅勤務の労働者がネットワークを通じて労働力を提供し、労働力を集約する
- ・機器そのものを購入せずに、共同利用することによって社会全体の効率を高める

(2) M2M型サービス

商品同士が連携し情報流通を行うことによって、効率化や新たな価値を生み出すサービスである。M2M

意味情報の活用	③コンテキスト活用型サービス 位置情報提供サービス、コンシェルジュサービス、コンテキストマーケティング	
	①モバイル型サービス ・ホットスポット ・携帯電話やPDA、情報家電等によるインターネット接続 ・マルチメディアキオスク端末	②M2M型サービス ・RFIDタグによるバリューチェーンマネジメント ・センシングネットワーク ・ヒトとモノのコラボレーション
ネットワーク接続	モビリティ (いつでもどこでもつながる)	遍在性 (なんでもつながる)

図1 ユビキタス・サービスの分類

型サービスの例としては、RFID タグによるバリューチェーンマネジメント、センシングネットワーク、ヒトとモノのコラボレーションなどがある。M2M 型サービスの特徴をまとめると次のようになる。

- ・ネットワーク化された機器を遠隔操作で制御する
- ・対象機器の移動経路を追跡し、対象機器の位置を追跡管理する
- ・対象機器が持つデータを自動的に採取することによって、業務を効率化・省力化する
- ・人手作業を機器により自動化しネットワークを通じて利用する

(3) コンテキスト活用型サービス

利用者の属性や状況に応じて、必要な情報やサービスが受動的にタイミングよく提供されるサービスである。コンテキスト活用型サービスの例としては、センサネットワーク、1to1 情報配信、位置情報提供サービス、コンシェルジュサービス、コンテキストマーケティングなどが考えられる。コンテキスト活用型サービスの特徴をまとめると、次のようになる。

- ・センサ機器から発信されるデータを加工・分析・理解する
- ・センサ機器の状態をリアルタイムで監視し、状況に応じて、最適な操作を実施する
- ・ネットワークを利用して、消費者の意見や動向を収集・分析し製品開発を最適化する

3.2 企業情報システムへの影響

モバイル型サービスにより、企業情報システムのユーザインタフェースがこれまでの固定的なオフィス内の端末から、モバイル型のいつでもどこでも使える情報端末へと拡大することだろう。

M2M 型サービスでは、企業情報システムが扱う情報や業務プロセス自体を大きく変革する可能性がある。例えば RFID タグが商品に装着されると、商品ごとに個体管理ができるようになる。これまでのバーコードでは商品の種別しか管理していなかったため、RFID タグによる個体管理が進んでいくと、企業情報システムのデータベース構造を、個々の商品の状態を正確に追跡記録できるように変更する必要がある。また個々の商品の情報が正確にリアルタイムで完全に蓄積管理されていくと、これまで個別管理できなかったために必要となっていた商品情報のサンプリングや平均値などにより処理されていた様々な予測・推定作業などで発生していた現実との誤差がなくなるので、予測・推定の精度を大幅に向上できる可能性がある。

以下では、M2M 型サービスの例として RFID タグを用いた食品トレーサビリティ実験について述べ、企業情報システムへの具体的な影響を分析する。

4. ユビキタス・サービスの適用事例

4.1 ユビキタス・プラットフォームの機能

ユビキタス・ネットワークでは、いたるところにあるモノや商品に RFID タグに代表されるような IC チップが装着されていき、分散する商品と IT とが再統合され、いつでも直接コミュニケーションできるようになる。しかし、このようなユビキタス・サービスを企業ごとに実現することは経済的ではないし、仮にそのような形態でユビキタス・サービスが実現されても、消費者の立場からすると異なる方式のユビキタス・サービスを利用することになり、利便性を欠くことになる。また SCM において、企業間で RFID タグの情報を流通させるためには、オペレーションを統合する必要がある。この理由は、企業ごとに RFID タグの管理情報の形式や商品のコード体系やそのオペレーションが異なれば、相互変換が必要になり、そのための調整作業が発生するためである。

RFID タグを活用した SCM を経済的に構築することを目的として食品トレーサビリティ実験に向けて開発されたユビキタス・プラットフォーム[4]の概要を図 2 に示す。以下ではこのユビキタス・プラットフォームの機能を説明する。

(1) トレーサビリティ機能

トレーサビリティ機能では、RFID タグに関する通過管理、階層化/階層化解除、統合/分割管理を実現した。

通過管理では、RFID タグのリーダの位置を管理しておき、RFID タグが RFID リーダで認識された時点で、RFID タグの位置を記録する。通過管理機能により、RFID タグのついた商品がどこにいるかをリアルタイムで参照できる。

RFID タグの階層化では、1 個以上の RFID タグを 1 個の RFID タグに関係を付けることができる。この階層化を用いると、通い箱やパレットなどに RFID タグを装着しておき、商品を箱に挿入するときに通い箱の RFID タグを親として商品の RFID タグを（子として）階層化しておき、箱から商品を出すときに箱の RFID タグの階層化を解除することにより、複数商品の搬送作業における商品情報の管理を効率化できる。

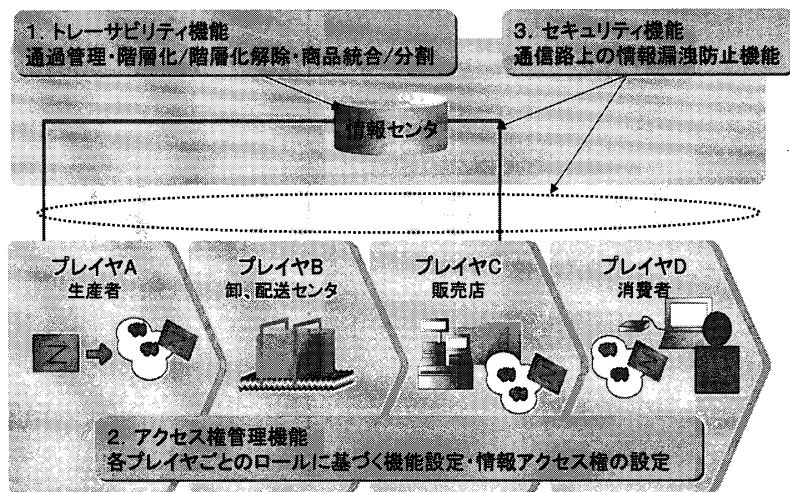


図2 ユビキタス・プラットフォーム

RFID タグの統合/分割管理では、商品の製造を表現するために、素材商品の RFID タグと製造される商品の RFID タグとを関係付けることができる。複数の商品から一つの商品を製造するときは RFID タグを統合する。これに対して家畜を解体して食品を製造する場合などでは、一つの RFID タグから製造された商品に対する複数の RFID タグに分割する。

(2) アクセス権管理機能

アクセス権管理機能では、プレイヤーごとにロールを割り当てることができ、このロールに基づいて商品情報へのアクセス権を設定できる。例えば、企業ごとに役職の権限ごとにアクセスできる情報の範囲をロールとして指定できる。このようなアクセス権の管理が企業ごとや個人ごとにはできず、他のユーザーに開示できない機密情報の漏洩や改ざんを予防できない。

(3) セキュリティ機能

いつでもどこでもなんでも接続できるようにするためには、専用線だけでユビキタス・サービスを実現するよりも、インターネットを活用するほうが経済性を考えると現実的である。しかしインターネットを利用する場合は通信路上の情報漏洩を防止するためのセキュリティ機能を実現する必要がある。このため通信路の暗号化機能を提供している。

4.2 食品トレーサビリティ実証実験

NTT データでは、食品流通分野における SCM を構成する生産者から店舗までの作業の効率化や消費者の受容性を検証するために、RFID タグを用いた実証実験を 2003 年 9 月 24 日から 11 月 23 日までの 2 ヶ月間にわたって実施した[5, 6]。この実証実験にはマルエツ、丸紅、食品製造企業、卸売業者、ハードベンダ

など 34 社が参加した。RFID タグを付与した商品は 90 種類で、配布した RFID タグは 5 万枚である。RFID タグは対象商品の大きさに応じて用意された 3 種類の情報満載シールにつけられていて、アンテナとともに商品の表面に貼る。また店内 4 ヶ所に専用端末を設置しておき、情報満載シールがついた食品を専用端末のタッチパネルにかざすと、その食品の原産地やレシピ（調理方法）などを確認できる。情報満載シールは、商品からはがすことができるようになっており、店内のサービスカウンターやリサイクルボックスで回収するようにした。消費者がシールがついたまま商品を持ち帰る場合は、家庭で燃えないゴミとして廃棄してもらうこととした。

この実証実験の特徴は、前述したユビキタス・プラットフォームを適用して情報センタを構築し、インターネットでプレイヤー企業の情報端末や RFID タグのリーダを接続することにより安全に商品情報を流通できること、製造から販売まで完全なサプライチェーンを構成したこと、牛肉や野菜などの生鮮食品だけでなくコーヒーやレトルト食品などの加工食品も含めて複数の企業と消費者が参加したことである。

実験対象商品の売り上げが 2 倍になったことから、顧客への情報提供が売り上げ増につながる事が確認できた[7]。また、来店客の約 15% が実際に商品を専用端末にかざすことにより商品情報を参照したことから、食品の安全性や調理法など商品に関する情報への高い関心が消費者にあることも実証できた。

4.3 RFID タグの効果

(1) 商品と情報の一致

現状では、在庫情報を人間が商品を見て情報システ

ムに投入していることからわかるように、商品の実際の量と情報システムの中にある論理的な商品の量とが必ずしも一致していないという問題がある。

このため、商品の情報が情報システムに誤りなくリアルタイムに入力されていかない限り、情報システムだけを見ても、商品がどれだけあるかを正確に把握できない。商品と情報がRFIDタグによって確実に結びつけられれば、RFIDタグを読み取り器にかざしたその場で、許可された範囲でほしい情報を手に入れることができる。

例えば、電気製品についているRFIDタグから、消費者が取扱説明や保証のデータを、メーカーの修理センターの担当者が設計や仕様のデータを、廃棄やリサイクルのときには回収業者が素材や組み立ての情報を、それぞれ引きだせるだろう。RFIDタグを一つ一つの商品に装着することにより、商品の情報を情報システムに正確かつリアルタイムに自動入力できる。これにより、リアルな商品の世界とバーチャルな情報システムの世界とを、より緊密に融合できる。

(2) モノ情報とコト情報の一体化

ネットワークを活用することで、RFIDタグで商品ごとに管理できる情報量が、これまでのバーコードよりも格段に増える。また前述した食品トレーサビリティ実験で示したように、商品に関する操作や移動などの経歴を過去にさかのぼるトレーサビリティ（履歴追跡）機能や、現状をリアルタイムにつかむトラッキング（追跡管理）機能も実現できるようになる。つまり商品に関する素材や形態などの構造的な情報（モノ情報）だけでなく、商品に関する出来事についての情報（コト情報）を過去から現在や未来にわたって、ネットワーク上のサーバで商品ごとに個別的に管理し活用できる。

(3) 商品情報の流通

商品を手にとって確かめることはできるが、商品自体から得られる情報は実際には限られている。例えば、だれがいつどこで作ったのか、原材料の成分は何なのか、どのような経路をたどって今ここにあるのか、扱いはどうすればいいのか。このように商品に付随する情報の多くを見ることができないのが現実である。換言すれば、これまでは商品に関する情報は、作り手と買い手の間、売り手と買い手の間で、必ずしも十分に伝わることなく取り落とされていた。RFIDタグを用いることによって、この情報を容易に流通できる可能性が現実化してきた。このような切れ目のない情報

流通基盤としてのユビキタス・プラットフォームの上にユビキタス時代の企業情報システムが構築されていくと思われる。

5. 考察

前節で述べたように、いたるところにある商品がそれぞれの識別番号（ID）を持ち、ユビキタス・サービスで情報をやり取りするようになれば、仕事や暮らしががらりと変わる可能性がある。以下では、RFIDタグの利用コストならびに、商品とそれに付与される識別番号との関係について考察する。

5.1 RFIDタグの利用コスト

RFIDタグはバーコードに比較すると、単価が高く本格的に導入するには、コストの低減が必要であると考えられている。しかし、個々のRFIDタグを無線で自動認識できるため、運用を考えると、赤外線で人手によりバーコードを認識するよりもRFIDタグのほうが効率的である。また認識対象商品の個数が増加するとバーコードによる検品や棚卸作業が困難になる可能性がある。

またユビキタス・プラットフォームによりSCMを構成する複数企業が共同でRFIDタグの情報を流通させることができるのでRFIDタグの利用コストを割り勘できるようになる。つまり多くの企業がRFIDタグの利用環境を共同利用することにより、RFIDタグの利用コストを大幅に低減できる。

以上述べたことを整理すると図3のようになる。ここで、利用コストは初期コストとオペレーションコストの和であると仮定する。バーコードの場合、バーコードを入力するための操作が煩雑なのでオペレーション量の増加に比例して認識ミスが増加すると仮定すると、利用コストは2次曲線となる。これに対して、RFIDタグではオペレーション量が増加しても自動認識できるので利用コストは直線となる。このためバーコードの初期コスト b がRFIDタグの初期コスト t より小さいとしても、オペレーション量 p が、図3のP点を超えると、バーコードの利用コストはRFIDタグの利用コストよりも大きくなる。共同利用型RFIDタグの場合には利用コストを割り勘できるのでオペレーション量が p よりもさらに小さい q を超えると、バーコードよりもRFIDタグのほうが有利になる（Q点）。

5.2 商品と識別番号の関係

商品の個体に付与されている識別番号で識別する対

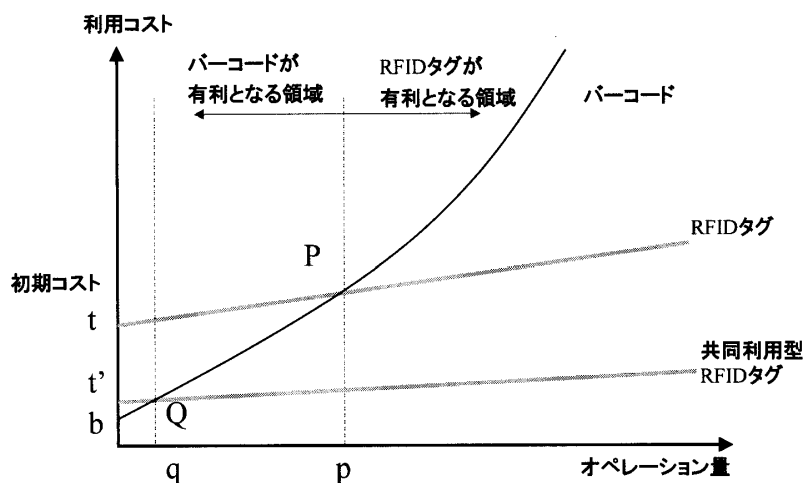


図3 ICタグとバーコードの比較

表1 識別番号の分類

	種別	個体
直接 (モノに付与)	モノの種別を識別するコード	モノの個体を識別するコード
間接 (媒体としてのモノに付与)	他のモノの種別を識別するコード	他のモノの個体を識別するコード
操作 (媒体としてのモノに付与)	モノの種別に対する処理を識別するコード	モノの個体に対する処理を識別するコード

象には、商品の種別と商品の個体が考えられる。また名刺に印刷された電話番号のように、識別番号が付与されている商品とは別の商品を識別する場合もある。さらに荷物のチェックインを自動化するために航空手荷物の宅配便伝票につけられたRFIDタグ[8]のように、商品の処理を識別する場合がある。

商品と識別番号との関係は次の6種類に分類できる(表1)。

- C1: 商品の種別を識別する
- C2: 商品の個体を識別する
- C3: 媒体としてのモノに付与されて他の商品の種別を識別する
- C4: 媒体としてのモノに付与されて特定の個体を識別する
- C5: 商品の種別全体に対する処理を識別する
- C6: 商品の個体に対する処理を識別する

バーコードをRFIDタグと比較する上では、商品と識別番号に関する関係をこの6種類に場合分けして考えることが有効である。例えばRFIDタグの番号はすべて異なるので、それ自体でバーコードのように

商品種別を表現できるわけではない。RFIDタグの場合には牛の個体ごとに異なるRFIDタグをつけるのと同じように、同じ商品であっても牛肉パックの個体が異なれば違うコードが割り当てられることになる。もちろんRFIDタグがバーコードの桁数以上の記憶容量を持つ場合には、個体識別番号に加えて種別識別番号も表現できる。トレーサビリティの仕組みではこれらの識別コード同士をヒモ付けて管理するが、商品種別のコードだけでは、個体としての商品がどのような流通経路を通過したかまでは記録できない。

また商品に付与されて他の商品の種別を識別する識別番号C3の例には、商品カタログや通販雑誌などの広告媒体で紹介されている商品に対するバーコードがある。もしこのようなバーコードをRFIDタグで置き換えようとする、紙面の中に大量のRFIDタグを埋め込まなければならないだけでなく、大量のRFIDタグの中から特定のタグを識別することは困難である。

このようにRFIDタグの適用では、この6種類のどの関係を表現するかを考えて最適な方法かどうかを吟味する必要がある。またRFIDタグを用いた商品の個体管理では、商品自体の識別に加えて、そのビジネスプロセスや、商品の位置、状態などの属性を適切に管理するだけでなく、消費者を含めた商品に係わるビジネスプレーヤ全体での期待効果を最適化していくことが重要である。

6. まとめ

本稿では、ユビキタス・サービスがITに与える影響を一般的な視点と具体的な視点の両面から実証的に分析した。

まずこれまでに提案されている事例に基づいて、ユビキタス・サービスの本質的と思われる6個の価値を明らかにした。またこれらの価値を実現するユビキタス・サービスを、モバイル型、M2M型、コンテキスト活用型に分類することによりITへの影響を明らかにした。

次にRFIDタグを用いたユビキタス・サービスの具体的な事例として、ユビキタス・プラットフォームを用いたRFIDタグ実験について述べ、ユビキタス・プラットフォームの有効性を明らかにした。さらに商品とRFIDタグなどの識別番号の関係には6種類があることを明らかにし、この関係を明確にした上でRFIDタグの適用法を具体化することが重要であることを指摘した。

RFIDタグを用いてユビキタス・ネットワーク上での企業間や組織間での協調活動(eコラボレーション[9~11]と呼ぶ)を支援していくためには、本稿で述べたような技術だけでなく、今後も次のような課題を継続的に解決していく必要がある。

(1) 共通言語

商品識別コードの統一など、異なる企業間で情報流通を実現するための用語や表現などを標準化する必要がある。

(2) 連続的な作業空間としての場

企業間で必要な情報を流通させるための共通言語を話す場が必要となる。このためには、すでに見たように電子タグのID情報を流通させるプラットフォームの構築が課題になる。また商品が移動した場所でネットワークにつながり、その場所にある機器だけでなく、他の場所の機器ともコミュニケーションできるなど、空間的・物理的制約を意識させないeコラボレーションを実現できる必要がある。

(3) 信頼基盤

単に商品の情報を処理するだけでなく、その情報と利用者とを突合し繋いだ相手を信じるためには、ID情報の正当性を保証するセキュリティシステムが必要となる。

(4) ビジネスインテリジェンス

機器の経路や状態などの情報は、「今どこにいるか/どういう状態か」という値である。しかし、経路管理

や機器監視を24時間365日で行うことを考えると、ネットワークに流れる情報量は膨大になる可能性がある。またこのような膨大な情報から、商品の状態や利用者の意図を分析・理解するだけでなく、商品に対する操作の妥当性を検証したり、推奨すべき操作案を提示する機能が必要になるとと思われる。

参考文献

- [1] RFIDがユビキタス社会の扉を開く, <http://www.nttdata.co.jp/messages/topics/index.html>
- [2] 佐藤一郎: RFIDタグ: 技術動向と影響, 情報処理, vol. 45, no. 1, pp. 58-62, 2004.
- [3] 齋藤毅, 林慶士, 河西謙治, 山本修一郎: ユビキタスネットワーク社会に向けたサービスプラットフォームの課題, 信学技報 KBSE 2003-17, pp. 23-28, 2003.
- [4] 国広健太郎, 布田寿康, 高橋成文, 箱守聡, 山本修一郎: RFIDを利用する領域貸与型情報管理モデルに関する提案, 情報処理学会ユビキタス研究会, 2004.
- [5] 食品流通分野でのバリューチェーンマネジメントを検証, <http://www.nttdata.co.jp/release/2003/091900.html>
- [6] ユビキタスビジネストrend 第1回—マルエツの生産実験に見る小売業界におけるRFIDの可能性, <http://www.sw.nec.co.jp/ubiquitous/btrend/01/>
- [7] ICタグで売り上げが2倍に—マルエツの実験店舗, <http://biztech.nikkeibp.co.jp/wcs/leaf/CID/onair/biztech/comp/272684>
- [8] e-チェックイン(航空チェックイン手続きの電子化)等に関する実証実験への参加について, <http://www.nttdata.co.jp/release/2003/101000.html>
- [9] eコラボレーション, http://www.nttdata.co.jp/messages/rb/rb_yamamoto_1.html
- [10] 角谷恭一, 齋藤忍, 中川慶一郎, 遠城秀和, 山本修一郎: “業務プロセスと情報システムを調和させるビジネス・コラボレーション—ビジネス・コラボレーションの基本概念—”, 経営情報学会2003年度秋季全国研究発表大会予稿集論文誌, pp. 56-59, 2003.
- [11] 齋藤忍, 角谷恭一, 中川慶一郎, 遠城秀和, 山本修一郎: “業務プロセスと情報システムを調和させるビジネス・コラボレーション—ビジネス・コラボレーションの類型分析—”, 経営情報学会2003年度秋季全国研究発表大会予稿集論文誌, pp. 60-61, 2003.