

RFID を利用した生産・在庫履歴取得装置の製作

Development of Device for PFID-based Production and Inventory Management

三屋 恵一郎
MITSUYA Keiichiro

1. はじめに

矢野経済研究所によれば、2006 年度の非接触 IC カードや無線 IC タグの出荷枚数は 5600 万枚で、対前年度比は 26%増（出荷金額ベースでは 146 億 4000 万円）の見込みである（図 1.1 参照）。この市場を需要分野別に見ると「物流（輸送、倉庫関連）」が最も多く 15.2%であり、「交通・運輸」「製造（FA 関連）」がいずれも 12.5%と続いている（図 1.2 参照）。物流業務には宅配便やコンテナ等の荷物管理に、製造分野では作業工程管理や在庫管理に無線 IC タグが活用されているためである。特に交通・運輸分野では PASMO 等の非接触 IC カードの普及が市場を牽引している。2007 年度以降は、物流分野での利用増をきっかけに量産効果が生まれ、その結果として無線 IC タグのコストが低下し、小売業等で導入のメリットが増大する。これにより関連業界での利用が急拡大し、2010 年度には出荷枚数全体の 53.1%を流通分野が占める、という予測がなされている。¹⁾

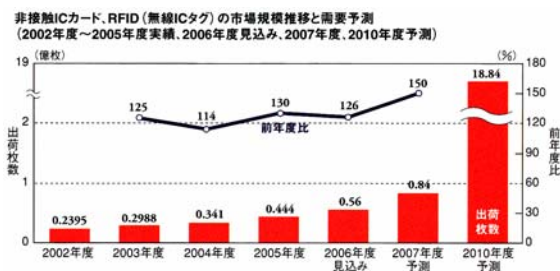


図 1.1 RFID の市場規模推移と需要予測

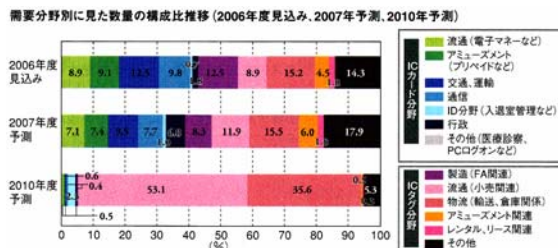


図 1.2 RFID の需要分野別構成比推移

このように無線 IC タグや非接触 IC カードにかかわる技術（以下、総称して RFID 技術という。）は、今後急速に普及すると思われる。硝子製品の製造・流通業者の業界団体である東京硝子製品協同組合[†]（以下、組合という。）においても、こうした新技術にかねてから着目していた。とりわけ RFID 技術は業界内でも話題に上ることが多く、その普及啓発にかかわる事業展開の必要性を強く感じていたところであった。

しかしながら RFID 技術には未だ標準が定まらず、発展途上の部分が残っているのも事実である。認識媒体の形状や種別だけをとっても多岐にわたり、機器の選定・導入にとまどう経営者も少なくない。そもそも新技術導入時には、将来的な方針の策定や業務改善の実施等、経営コンサルティングの視点で対応すべき事項が多々ある。こうした本来最も重視されなければならない戦略論の検討以前に表面的な費用対効果の議論に終始してしまうような状況もあった。

そこで組合では、技術的な仕組みの理解を促す教育講座の実施とともに、RFID 技術適用の効果を検証できるシステムの開発を行い、組合員企業への導入の可能性を探ってはどうかと考えた。主として中小企業が対象となることから、まずは汎用性が高く簡便で業務への適用が容易な、「履歴管理」を効率化するプロトタイプデバイス（試作装置）を製作する。製作した装置を実際の製造・流通の業務の中に投入し、実証試験を行う過程で作業や経営者に効果のほどを実体験していただく。これが今回の開発の主要な目的となった。

本稿では中小企業を対象に、生産履歴の追跡や在庫・発注管理の効率化に適用可能な RFID 装置の選定と各装置を制御するソフトウェアの開発経過について報告する。

2. RFIDシステムの構成

RFIDとは、Radio Frequency IDentificationの略であり、電波を用いた非接触認証技術（非接触な固体識別の方法）である。本稿で用いる主な言葉の意味を次のように定義する。

RFID：電波（電磁波）を用いて、RF タグのデータを非接触で読み書きする仕組み。

RF タグ：電波（電磁波）を用いて、内蔵したメモリ（IC チップ）のデータを非接触で読み書きする情報媒体。

リーダ／ライタ：RF タグの読み書き装置。

RFID は RF タグとリーダ／ライタを含んだ概念である。RF タグは電波タグ、IC タグ、無線タグ、RFID タグ等、様々な呼び方をされているが、ここでは、JIS（日本工業規格）で定められている「RF タグ」に統一する。

RFID というのはあくまで考え方であり単体の機器や技術が存在しているわけではない。RFID という技術を実現、利用するためには少なくとも直接的な認識対象となる IC チップが封入された RF タグと RF タグ内の情報を読み書きするリーダ／ライタ、及びリーダ／ライタの制御装置の3つの構成要素（ハードウェア）が必要となる（図 2.1 参照）。さらに個々の装置を制御する組み込みソフトウェア及び全体を管理する上位システム、複数の装置から情報を集約するためのネットワークの導入も欠かせない。こうした RFID を構成するハードウェアと制御・管理・通信を行うソフトウェアが協調した仕組みを RFID システムと呼ぶことにする。

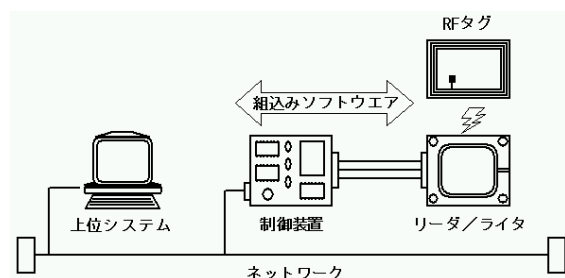


図 2.1 RFID システムの構成要素

RFID システムのそれぞれの構成要素を実現するために、今回の開発で選定した装置について以下に述べる。

2.1 RF タグの選択

RF タグには世界的に広く利用されているという安定感を考慮して、近接型 13.56MHz の周波数帯を使用するタイプ A のタグを採用した。これは ISO が定める国際標準規格（ISO/IEC 14443）で規定されている情報媒体である。タイプ A の RF タグは、オランダのフィリップス社で開発された。現在はフィリップス社から独立した NXP セミコンダクターズ社から提供されているマイフェア（MiFare）がヨーロッパを中心に広く普及している。メーカー発表によれば、1995 年の発表から 11 年後の 2006 年 7 月時点で、7 億 5000 万枚以上のカードに搭載され世界中で 600 万を超えるリーダ／ライタが設置され、72.5% の世界シェアを得ている。ワールドワイド展開により内部仕様が公開されているため開発が容易である。また、ローコストで導入できることから、日本では企業のオフィス入退室の管理やコンサートの入場管理等に使われるようである。外国では、公共交通の乗車券（ソウル、ロンドン、北京、台北、釜山などで採用、あるいは採用が決定）、フランス郵政省での配達先探索等に利用されている。タグの形態はカード型、ボタン型、あるいはチップ状のものまで多彩な媒体が普及している。

2.2 リーダ／ライタの選択

リーダ／ライタは、タイプ A の RF タグを読み取れることを条件に、株式会社ラストーム・システムズが販売する RMF-1500U（USB 接続）と RMF-1500R（RS-232C 接続）を採用した。この 2 つのボードは、55mm×55mm×25mm と小型でありかつアンテナ一体型であるため場所を取らず、組み込みシステムとして倉庫棚や製造ラインサイドに組み入れるのに適している。2 つのリーダ／ライタは業務への適用形態に応じて使い分けることにした。例えば在庫管理業務等で倉庫内に 1 台の設置でよい場合には、USB 経由で直接管理用 PC に接続し制御することが可能な RMF-1500U を用いる。一方、製造工程管理におけるラインの生産履歴の把握等には、分散した複数の装置からデータの収集が必

要である。この場合は、ネットワーク接続された制御装置を経由して RF タグを読み取ることが容易な RMF-1500R を用いることにする。

2.3 制御装置の選択

RMF-1500 シリーズのリーダー／ライタは、RS-232C インターフェース（USB 接続では仮想シリアルポート経由となる）からコマンドを受け取り、RF タグへの電氣的な呼びかけ（ポーリング）を開始する。各種コマンド実行のための通信電文のフォーマットやプロトコルは、規定されている。よって制御装置には、決められた通信電文形式に従ったコマンド送信機能とデータ受信機能、及び受信データ保存機能と受信データ表示機能の 4 つの機能が実装されなければならない。さらにコマンド送信とデータ受信機能は同時に実行されている必要がある。

制御装置に一般的な PC を用いた場合、上記 4 つの主要な機能を C 言語や Java 言語を用いて実装するのは比較的容易である。よって在庫管理や勤怠管理等、現場に 1 台だけの設置で運用可能な場合には PC を制御装置として代替利用する。これは開発の効率を高めるだけでなく、後述する小型制御装置にプログラムを移植する前のテストモジュールの作成にも有効である。

製造工程等に複数台リーダー／ライタを設置する際には、コスト及びスペースの問題からより小型で低価格かつ低消費電力の制御装置が期待される。もちろん制御装置を設置せずにリーダー／ライタをネットワークに直付けし、サーバ等集中管理装置により制御する方法もある。しかしこの場合、サーバやネットワークの障害によりシステム全体の信頼性が損なわれる可能性がある。現場での確実な運用を保証するという観点からは、独立した小型制御装置にリーダー／ライタを付加し、個々の装置内である程度処理が完結しつつ上位システムと協調する、といった運用形態のほうが望ましいと考えられる。

こうしたことから小型制御装置には、組み込み Linux が搭載された CPU ボード（レーザーファイブ株式会社が提供する L-Card+）を採用することにした。L-Card+用のソフトウェア

の開発には Cross Compile 環境が必要となるため、小型制御装置の代替機にもなり得る Fedora Core PC を用意した。ここに開発環境を構築し、C 言語を用いて L-Card+ で実行可能な制御用ソフトウェアを実装できる環境を整えた。

2.4 上位システムの選択

制御装置により取得された RF タグの情報は、時系列に蓄えられ分析されてこそ価値を生むことになる。この役割を担うのが上位システムである。入出力データの時刻の差分をとり作業実績の把握を行うのか、データに紐付けられた関連情報をもとに発注指示等別のアクションを行うのか、上位システムの機能には業務の仕組みが密接に関係している。今回は「情報の可視化」に視点を置き、製造や流通に係わるデータの流れを捉えてみることにした。具体的な機能として製造業務面では「リアルタイムな製造履歴の蓄積と表示」、流通業務面では「在庫推移の把握と発注処理」に着目する。こうした業務機能を Java 言語を用いて管理用ソフトウェアとして実装した。制御装置に保存された履歴データはブラウザから参照し、必要に応じて収集されデータベースと関連付ける処理が行われる。

3. RFID システムの製作

3.1 RF タグ対リーダー／ライタ間の処理

RFID の仕組みは、「ファラデーの法則」がベースとなっている。リーダー／ライタのアンテナコイルに電流を流すことで磁束を発生させ、その磁束を受けた RF タグのコイルが電磁誘導により起電し、電流が発生する。こうして RF タグ内の IC チップは電池等の電源を必要とせず、リーダー／ライタが発する磁界の中に入ったときだけ、その機能を発揮することができる。今回選定したリーダー／ライタが RF タグを認識する手順は、以下のようになっている。

- ① コンピュータ等の制御装置から、リーダー／ライタに RF タグ自動認証コマンド（活性化コマンド）を送出するよう指示する。
- ② RF タグがリーダー／ライタの発生する無線フィールド内に入ってくる。

- ③ 電磁誘導により、RF タグに電力が供給されタグが活性化される。
- ④ 活性化が成功した段階でリーダ／ライタは衝突検知を行い RF タグの ID（シリアルナンバー）を得る。
- ⑤ 読み出した ID を制御装置宛に送信する。

3.2 制御装置の機能実装

3.2.1 制御コマンド送信処理

上記①～⑤の一連の処理を実行させるために、制御装置からリーダ／ライタに向けてシリアル通信によりコマンド電文を発行する。電文の構成は、表 3.2.1 のように規定されており³⁾、これを C 言語を用いて実装した。

表 3.2.1 送受信コマンド電文フォーマット

STX	02(Hex)
電文長	コマンド+送(受)信データのバイト数、上位バイトの順に送信、受信し
送(受)信コマンド	1 バイトで表される各種命令
送(受)信データ	コマンドに必要なデータ(データの構
ETX	03(Hex)

表 3.2.1 の形式に従って制御装置は、送信コマンド+送信データをリーダ／ライタに送る。RF タグが正常に反応すると、戻り値として受信コマンド+受信データを受け取ることができる。シリアル通信の設定はパリティなし、ストップビット 1 ビット、データ長 8 ビットである。

RF タグの活性化から ID の取得までを自動的に実行させる具体的なコマンドの仕様は、表 3.2.2 のように規定されている。つまり RF タグの固有 ID を取得する最も簡単な方法は、送信コマンド 4A (HEX) の仕様に基づいた図 3.2.1 のような内容のデータ列を制御装置からリーダ／ライタに向けて送り出すことである。これにより、リーダ／ライタは磁界の発生と活性化コマンドのポーリングを開始する。磁界の中に RF タグが入り込むと、タグは活性化され、リーダ／ライタは自動的に ID 取得要求を発行する。同時に RF タグが通信可能範囲内に複数個存在した場合にどの RF タグと通信するかを確定するための衝突検知処理も行われる。

表 3.2.2 自動認証コマンドの仕様

名称	自動認証の起動、停止コマンド	
送信コマンド	4A (Hex)	
送信データ構成	設定値(1 バイト)	
送信データ説明	設定値: 1 バイトで、自動認証を起動するか、停止する場合は 1 を、停止する場合は 0 を指	
戻り値	受信コマンド	7A (Hex)
	受信データ構成	成否+状態(1 バイト)
	受信データ説明	状態: 1 バイトで、現在停止しているかを示し、停止している場合は 0 の失敗でも値はそのときの
説明	自動認証の起動、停止を行う事が出来ます。RFID カードが通信可能領域に進入してくるまでの工程を行います。工程が終了したら、コマンドとデータを送ってきます。尚、トなど RFID カードと通信を行うコマンド下さい。	

```

char stx=0x02;  — テキスト開始
char dwn=0x02;  }
char up=0x00;    }  電文長
char cmd=0x4A;  — 送信コマンド
char cdt=0x01;  — 送信データ
char etx=0x03;  — テキスト終了
char rtn='\n';

```

図 3.2.1 自動認証コマンド列

3.2.2 RS-232C (シリアル) による通信

小型制御装置では組み込み Linux が OS として起動している。VGA の出力を持たないボード型の Linux ではシリアルコンソールが用いられることが多い。今回のボードも初期設定ではシリアルポートにコンソール出力が割り当てられている。よって OS の起動ファイル内でコンソール出力を OFF にしないと不適切な文字列がリーダ／ライタに送信されてしまうことになる。シリアルポートが競合しないよう /etc/inittab 内の ttys0 をコメントアウトする。

3.2.3 RF タグの ID 受信と出力処理

ID 取得要求に応答した RF タグは、自身の ID をリーダ／ライタに送信する。制御装置では、送信コマンド 4A (HEX) の戻り値としてリーダ／ライタから ID を受け取る。その後ノイズ除去を行い ID を 10 進数に変換し、日時と html のタグを付加してファイルに書き出している。ファイル出力時、標準出力を経由するとバッファリングが行われリアルタイム性が損なわれてしまう。よって標準エラー出力を利用する。

3.2.4 ポーリング開始のサイン

小型制御装置のシリアルポートはリーダ／ライタとの通信に使用するため、前述のように標準コンソール出力を無効にしている。その為、電源投入時に装置の起動完了確認を行うには、Telnet 等 TCP/IP 接続をサポートしたコンソールプログラムを利用しなければならない。起動確認のためだけにわざわざネットワークに接続するのも煩雑である。よって起動シークエンスが正常終了した時点で小型制御装置上の LED を点滅させるプログラムを起動するようにした。こうして、ポーリング開始を知らせている。

3.2.5 装置の起動設定

小型制御装置に搭載している Linux のスタートアップファイルは /etc/init.d/rcS となる。このファイル内に自動認識コマンド送信プログラム等、処理に必要なモジュールを記述し、電源投入とともに自動実行させるよう設定した。

3.3 上位システムの機能実装

3.3.1 モニター機能

上位システムの機能の一部となる履歴監視用モニターにはブラウザを利用する。

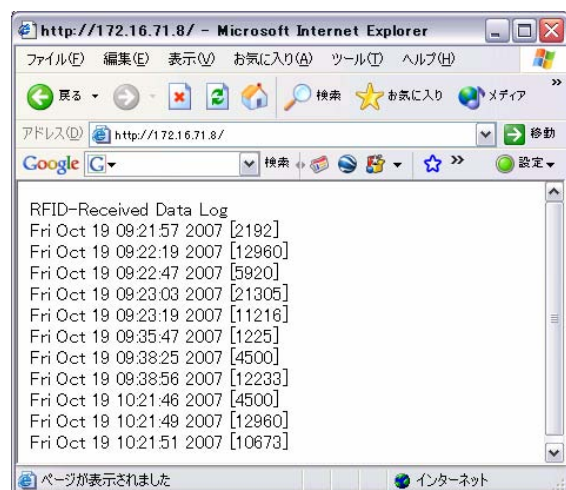


図 3.3.1 履歴のリアルタイム表示例

制御装置では、電源投入時に http サーバを起動させている。また、RF タグの ID 受信プログラムが履歴を保存する際には、html 形式のファイルとしている。この履歴ファイルを http サー

バのドキュメントルートにある初期アクセスファイルとシンボリックリンクさせる。その結果ブラウザから制御装置の url を指定した時に、履歴の内容をリアルタイムに参照することができるようになる（図 3.3.1 参照）。

3.3.2 データベース機能（情報の関連付け）

RF タグは、部品や製品またはそれらに乗せる作業台等に貼付されており、それ自体には一意な ID しか記録されていない。品目名や単価等の業務関連の属性は、上位システムに存在するデータベース（今回は PostgreSQL を使用）で管理している。RF タグにモノの関連情報を記録することも可能であるが、タグの容量制限やデータの整合性、セキュリティ確保等の観点から、通常は ID のみを RF タグに保存する。

上位システムでは、制御装置に蓄積された RF タグの ID を http プロトコルで収集している。さらに、Java 言語を用いて ID をキーとした属性情報との関連付けを行っている（図 3.3.2 参照）。この関連付けにより単なる ID が業務上のモノの情報と置き換わり、生産履歴の追跡や在庫の補充等、業務処理へと展開されてゆく。こうした ID のみを管理する設計手法により、バーコード等を利用した既存のシステムを短期間で RFID システムへと移行することができる。

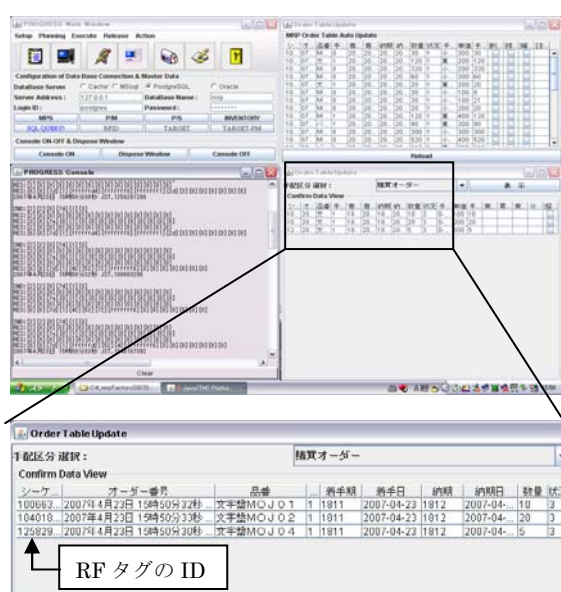


図 3.3.2 履歴表示と発注管理の上位システム例

4. 製造・流通業への適用

図 4.1 に今回製作した試作装置を提示する。
当装置だけで独立して履歴の保存が可能である。

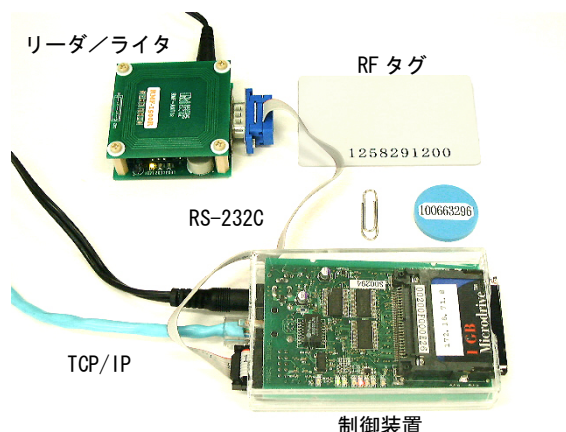


図 4.1 製作した試作装置 (プロトタイプデバイス)

ハードウェアに対するソフトウェアの実装配置を図 4.2 に示す。特に現場での柔軟な運用を考慮して無線 LAN の利用を推奨する。

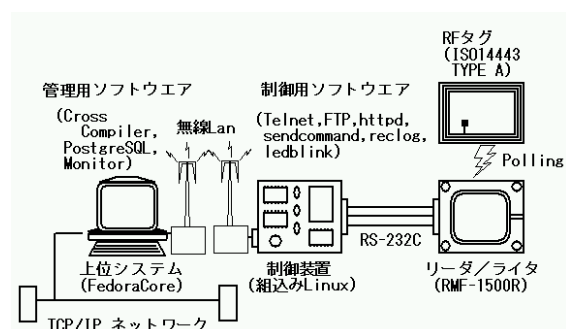


図 4.2 製作した RFID システム構成図

開発したシステムは流通・製造業において以下のような業務に適用可能である。

4.1 流通業に適用

流通業では在庫管理業務での適用例を示す。



図 4.1.1 倉庫の品目在庫棚^{††}

在庫管理では古くから利用されている手法の一つに「ダブルびん管理」がある。これは2つの箱（びん）を用意して片方の箱がなくなった時点で発注し、もう片方の箱の中の部品を使用している間に納品が完了される、という仕組みである。箱内の部品の容量が基準在庫量となるため、繰り返し発注の履歴の分析から一箱の容量を減らす努力を行う。簡易な手法で効果的ではあるが発注頻度の管理に手間がかかる場合が多い。そこで図 4.1.1 のような倉庫棚の品目にカード型のRFタグを貼り付け、発注かんばんとすることで在庫量の履歴の評価を効率化する。

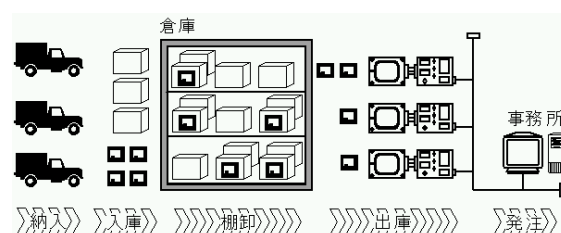


図 4.1.2 RFID を用いたダブルびん管理方式

実際に、これまでは台帳と目視で管理していた部品在庫をRFタグ付きの収納箱に分類して格納することで、2～3ヶ月分あった在庫量を平均0.8ヶ月以下に削減したという事例がある。図 4.1.2 のようにRFタグ付きの収納箱内に1～2週間分の在庫を入れ常に2つの収納箱を用意しておき、在庫が減って1箱だけの状態になった段階で作業員がRFタグの内容を読み込む。後は上位システムが自動的に在庫を補充するための発注処理を行う流れになっている。⁴⁾

4.2 製造業に適用

次に生産工程に適用した事例を提示する。



図 4.2.1 コンテナ・パレットの搬送^{††}

固有の ID が書き込まれた RF タグを生産ラインを流れる部品や製品（ほとんどの場合はコンテナやパレット）に貼り付ける。RF タグに書き込まれた情報を読み取るリーダ／ライタは、通常生産ラインの開始と終了位置に設置し、適宜 RF タグの情報を読み取る。

図 4.2.1 に掲げるような搬送ラインにおいてコンテナに RF タグを貼り付け ID 読み取りのためのリーダ／ライタをライン脇に複数個設置する。こうして各工程の処理時間や通過実績等を自動でリアルタイムに収集することが可能となる。さらに、各工程の時間のばらつきやボトルネック、あるいは作業時間の妥当性等を定量的に評価するのに活用できる。生産ラインへの適用の概念図を図 4.2.2 に示す。

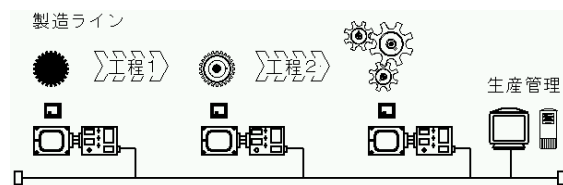


図 4.2.2 RFID 技術を用いた生産履歴管理

5. まとめ

今回の試作によって、制御装置に接続されたリーダ／ライタから RF タグの情報を読み取り、履歴データとして保存できることが確認できた。制御装置が TCP/IP ネットワークに接続されていれば、履歴はブラウザからモニタリングすることができ、必要に応じて業務に関連付けられたデータとして活用可能である。ただしこれを現場に適用する際には、履歴追跡や発注処理等の業務を見据えた上位システムの設計が前提となる。企業の戦略に絡めた上でどのように上位システムを設計し開発するのか。これには本文でも述べたように、コンサルタントの役割が重要になる。業務改善も含めて大々的に検討しなければならない案件となる可能性が高い。今回のシステムは、そこまでせずとも「ちょっと試してみて運用可能かどうか検討してみたい」「そもそも本当に自社の問題解決に有用なのかどうか試してみたい」といったニーズに応えることができると確信する。まずは、ハードルを

低くして簡易な形で導入し、適所を探る。その後、業務で転がしながら発展運用させていく。このような導入形態は、中小企業における現場主導型のシステム開発方法として受け入れられ易いと考える。全体のあり方はコンサルタントに委ねるとして、作業の効率化を図る道具の一つとして、新技術の検証と導入を促すきっかけとなれば幸いである。

今回は、応用課程における組み込み機器開発の標準課題として展開することも考慮し、業務の流れも含めて極力汎用的なシステムとなるよう設計を行った。今後、学生実習や企業での実証試験を行い、さらに進んだアイデアを取り込むことでシステムをブラッシュアップしたいと考えている。

謝辞

本装置の製作は東京硝子製品協同組合による平成 19 年度人材確保推進事業をもとに進めたものであり、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日経コンピュータ,「2007 年版 非接触 IC カード・RF-ID (無線 IC タグ) 市場に関する調査結果」,2007 年 5 月 14 日号
- 2) 柴田 貴之,津田 竜哉,荒木 誠一,福田 勝美「RFID を活用した生産工程管理ソリューション」,NEC 技法 Vol. 59(2006 年)No.2(4 月)
- 3) (株) ラステーム・システムズ,「RMF-1500R 通信電文一覧 Version2.01」,2006/5/16
- 4) 日経コンピュータ,業種別フラッシュ,「日本コムシス 倉庫管理に IC タグを適用,在庫量を半減」,2007.3.5

協力

- †) 東京硝子製品協同組合,H19 年度人材確保推進事業,公開講座「製造・流通業における近接型非接触 IC タグの活用事例研究」,200705
- ††) 株式会社 TGK,東京硝子器械株式会社,自動倉庫システム