

非接触IC技術を活用した次世代ロジスティクスシステム

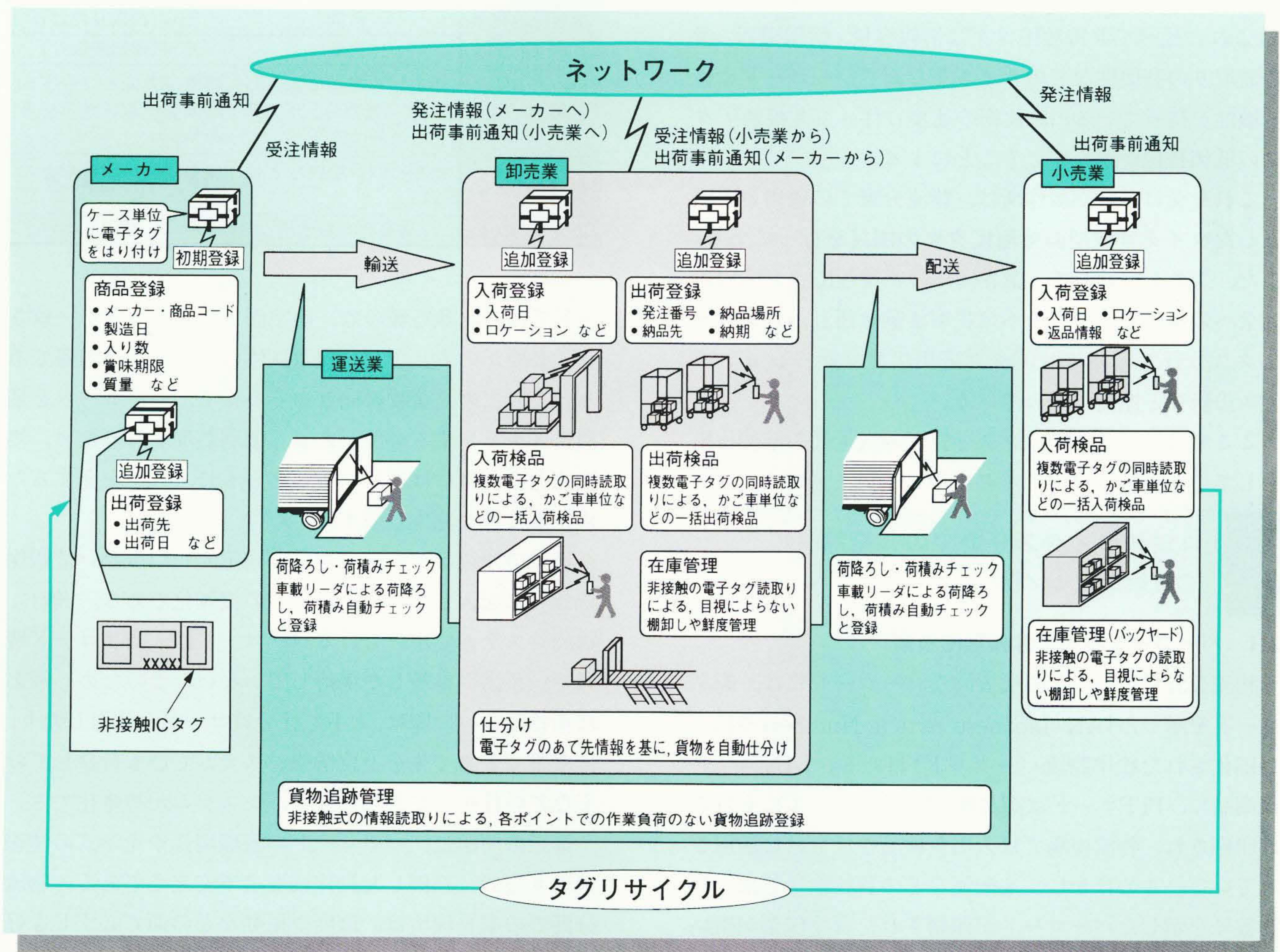
New Logistics System Based on Radio Frequency Identification Technique

曽我修治 Shûji Soga

石藤智昭 Tomoaki Ishifuji

奥村雅彦 Masahiko Okumura

田島貴宏 Takahiro Tajima



マイクロ波型非接触ICタグ応用ロジスティクスアプリケーションのイメージ

マイクロ波型非接触IC技術はデータキャリアと非接触通信の両機能を兼ね備えている。これを物流タグや電子伝票として活用した、さまざまな新ロジスティクスアプリケーションが期待できる。

近年、物流分野では多頻度小口配送や時間指定配送などの物流サービスへのニーズの高度化に伴い、物流システムの高度化が求められている。現在、この物流システムを支える基盤技術として、さまざまな場面でバーコードが活用されている。しかし、光学式の個体認識技術であるバーコードは、個別スキャンが必要で、保持できる情報が少なく、かつ固定的といった特性を持つため、業務処理には人手を要し、物流システムの高度化には限界がある。

一方、電波式の個体認識技術である非接触ICタグは、

複数個体の一括認識、大容量かつフレキシブルな情報保持能力といった特性を持つ。この特性はバーコードの限界を打破するものであり、新物流システムでの非接触ICタグの応用が期待されている。

日立製作所は、このソリューションとしてマイクロ波型非接触ICタグを開発した。このタグは、遠距離通信、電池不要などを特徴としており、物流分野への本格的な適用が期待される。また、タグの開発と並行して、ユーザーや業界団体などとの連携により、非接触ICタグを応用した物流アプリケーションの研究を進めている。

1 はじめに

非接触ICタグは、物流システムでのバーコードに代わる次世代の個体認識技術として期待されている。これは、近年の物流システムへの高度化要求に対して、(1)従来のバーコードでは活用範囲や処理能力の面で限界がある、(2)これに比べて非接触ICタグは情報容量、情報更新、情報読取りの利便性などのさまざまな面でバーコードに勝る機能を持っている、(3)技術の進歩に伴って非接触ICタグの低価格化が進んでいることによる。

これを受けて日立製作所は、物流分野での適用を主眼としたマイクロ波型非接触ICタグの開発を行っている。また、これと並行して、業界団体の非接触ICタグ応用研究会への参画やユーザーへの提案活動を通じ、ロジスティクス分野での非接触ICタグ応用アプリケーションモデルの研究と開発に努めている。

ここでは、ロジスティクス分野での次世代の基盤技術としての非接触ICタグとその応用について述べる。

2 ロジスティクス分野での非接触IC技術のインパクト

2.1 バーコード技術と非接触IC技術

物流分野で用いられる代表的なバーコードには、商品コードを示したJAN(Japanese Article Number)やITF(JIS化された標準物流バーコード)がある。JANコードは商品に、ITFコードは商品梱(こん)包ケースにそれぞれ印刷され、物流現場では入出荷検品や仕分けに活用されている。このほかに、宅配便などの貨物輸送では、貨物番号を示したバーコードが印刷された貨物伝票が用いられ、貨物通過登録などに活用されている。

非接触ICタグシステムは、バーコードとは異なる個体認識技術であり、データキャリアとなるICタグとタグリーダー・ライタで構成する。非接触ICタグシステムは、電子商取引実証推進協議会の定義によると、通信可能距離を基準に、密着型、近接型、近傍型、マイクロ波型の四つに大別される。中でも物流分野への適用が有望なものは、最も長い通信距離を持つマイクロ波型である。マイクロ波型非接触ICタグとバーコードの機能比較を表1に示す。

2.2 物流システムでのバーコードの問題点

表1に示す技術的特性に起因した物流システムでのバーコードの問題点について以下に述べる。

第一の問題は、バーコードの読取り方向特性に起因した、人手を要する個別の情報読取り作業である。バーコ

表1 マイクロ波型非接触ICタグとバーコードの機能比較

非接触ICタグは、情報保持能力や耐環境性などのさまざまな面でバーコードに勝る性能を持つ。

比較項目	非接触ICタグ	バーコード
個体認識方式	電磁波式	光学式
通信可能距離	数ミリメートル～30 m	数ミリメートル～15 m
情報容量	64～8 kバイト	～128バイト
情報読み書き	可能	不可(読取りだけ)
一括読取り	可能	不可(個別読取り)
読取り方向	必ずしも方向に依存しない。(ただし、インタフェースに依存)	読取り方向とコード印刷面を一致させる必要あり。
耐環境性	振動・汚れ・摩耗などに強い。	振動・汚れ・摩耗などに弱い。
価格	数百円～数千円	数円

ードでは、認識処理の際、印字面と読取り方向を一致させる必要がある。また、複数個体の一括認識が困難である。このため、荷物の向きをそろえて、バーコードを個別にスキャンする必要がある。個別処理となるため、処理能力の向上には限界があるとともに、人手を介するため作業ミスも発生しやすい。

第二の問題は、バーコードの固定的かつ少ない情報保持能力に起因した物流システムの複雑化である。一般に、物流システムで用いられるバーコードは、商品コード情報や伝票識別番号しか保持していない。このため、例えば荷物仕分けの際は、人手で仕分けコードを入力したり、伝票番号とあて先を上位情報システムでひも付けしておくなどの仕組みが必要となり、システムが複雑化する。

第三の問題は、バーコードの耐環境性や光学式の情報読取り方式に起因した動作精度の不安定さである。物流分野での業務環境は、温度や振動などの面で必ずしも好環境でないことも多い。バーコードは光学式の読取り方式を採っているため、コード印字面の摩耗や汚れ、水分付着に対し、コード認識が困難となる。また、振動に対しても位置決めが困難となるため、動作精度が低下する。

2.3 非接触ICタグの導入メリット

一方、物流システムへマイクロ波型非接触ICタグを適用することにより、次のメリットが享受できる。

第一のメリットは、個体認識処理の省力化、精度向上および効率向上である。非接触ICタグでは必ずしも方向に依存しない情報読取りが可能のため、荷物の向きをそろえるなどの人手作業が緩和できる。また、複数個体の一括認識が可能のため、バーコードと異なり、まとめ処理を行うことができる。これにより、人手を極力介さない正確かつ迅速な個体認識処理が可能となる。

第二のメリットは、物流システムの簡素化と適用範囲の拡大である。非接触ICタグは、バーコードと比べて情報容量が大きい。このため、例えば非接触ICタグに登録されたあて先情報を参照することにより、上位情報システムへの負担や人手による情報入力なしに自動仕分けを行うなど、システムの簡素化が図れる。また、随時の情報書き換えが可能であり、例えば出荷時に出荷伝票情報を非接触ICタグに書き込むことによってペーパーレス化を図るなど、応用範囲の拡張が可能となる。

第三のメリットは、種々の業務環境下での動作精度の安定性が確保できることである。非接触ICタグは電磁波式の情報通信方式のため、光学式のバーコードと比べて、汚れ、振動、摩耗などに強く、さまざまな環境で安定した信頼性の高い個体認識処理が可能となる。

3 マイクロ波型非接触IC技術

3.1 マイクロ波型非接触ICタグ実現上の技術課題

マイクロ波型非接触ICタグの最大の特徴は、準マイクロ波(2.4 GHz帯)の電磁波放射を用いて電力供給と通信を行うことにある。13 MHz程度の短波帯の電磁誘導を用いる密着型や近接型の非接触ICタグでは、動作距離がせいぜい10 cm程度までである。一方、マイクロ波型非接触ICタグでは、1 m以上の動作距離を達成することが可能である。

マイクロ波型非接触ICタグで用いる準マイクロ波は、携帯電話やPHS(Personal Handyphone System)、無線LANなどの移動通信にも用いられており、送信電力にもよるが、数十メートルから数キロメートルの通信距離が実現されている。しかし、これを非接触ICタグへ応用する場合には、単に通信を行うだけではなく、タグに搭載する制御回路とメモリに電力を供給しなければならないという問題があり、動作距離を制限する大きな要因となる。そのためタグには、高効率の電力抽出回路、低電圧低消費電力で動作する制御回路、およびメモリを搭載する必要がある。また、限られた電力で通信を行うためには、タグ上に制御論理用のクロック発振器を設けるのが困難なので、発振器を用いないクロック生成方式を開発する必要がある。以上から、マイクロ波型非接触ICタグを実現するための主要な課題は次の三つにまとめられる。

- (1) 高効率電力抽出回路方式の開発
- (2) 低電圧、低消費電力で動作する制御回路やメモリの開発
- (3) 発振器を用いないクロック生成方式の開発

3.2 日立製作所のマイクロ波型非接触ICタグ

日立製作所は、上記の課題を解決するマイクロ波型非接触ICタグシステムのプロトタイプを開発した。この非接触ICタグシステムでは、3.1にあげた三つの技術課題に対して、(1)に関しては、パッチアンテナを用いた高利得アンテナと高効率ショットキーバリアダイオードの使用、(2)に関しては、処理量の少ない通信方式の開発と、VREF(Voltage Reference)を極力用いないCMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)アナログ回路の設計、(3)に関しては、消費電力が大きいPLL(Phase-Locked Loop)を用いなくて、受信信号からクロックとデータを同時に取り出すことのできる符号化方式の開発でそれぞれ対応した。その結果、電池なしで輻輳(ふくそう)制御が可能な、マイクロ波型非接触ICタグシステムとしては世界でも最高水準の、通信距離1.5 mを達成した。

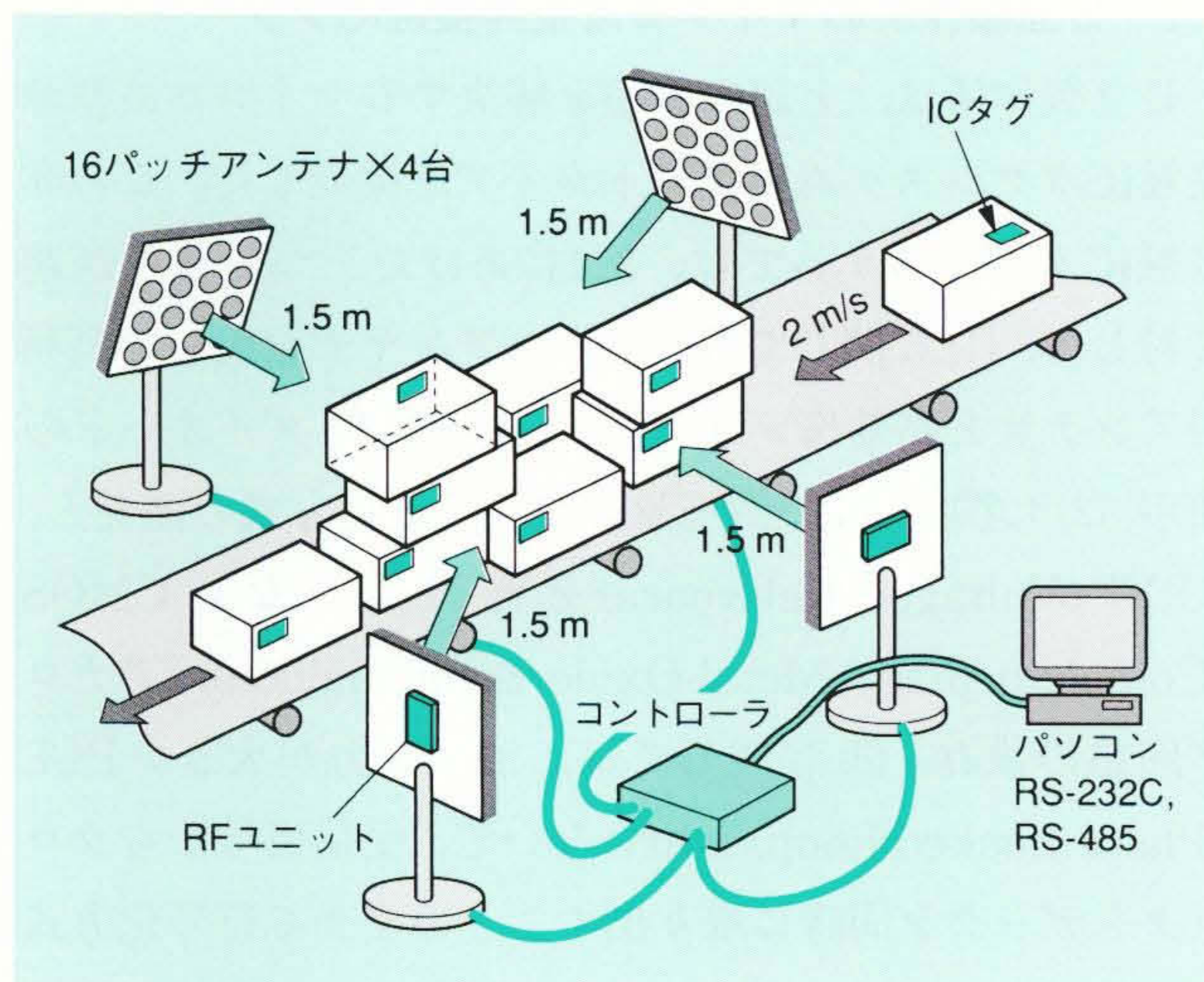
開発したマイクロ波型非接触ICタグシステムの仕様を表2に、このシステムを物流分野へ応用したプロトタイプシステムを図1にそれぞれ示す。このプロトタイプシステムでは、最大2 m/sの速さで動くベルトコンベヤで送られてくる荷物にICタグをはり付け、四台の16パッチアンテナを持つ質問器により、タグ内の記録情報の読取りと書き込みができる。質問器が読み書きする情報は、上位のパソコンなどによって制御される。

4 マイクロ波型非接触ICタグ応用ロジスティクスアプリケーション

ロジスティクス分野でのマイクロ波型非接触ICタグの主な応用分野として、(1)商品や荷物に非接触ICタグを取り付ける物流タグ分野、(2)通い箱などの荷物搬送容器に非接触ICタグを取り付ける物流用キャリヤ分野、(3)貨物伝票などの物流用伝票を代替する電子伝票分野などが

表2 日立製作所のマイクロ波型非接触ICタグシステムの仕様
日立製作所が開発したマイクロ波型非接触ICタグシステムの仕様を示す。1.5 mの距離での非接触通信が可能である。

項 目		仕 様
タ グ	アンテナ	パッチアンテナ
	メモリ	512バイト
	寸 法	縦54×横86×厚さ1(mm)
質 問 器	アンテナ	16パッチアンテナ
	無線部	2.45 GHz, 300 mW
	伝送速度	12.5 kビット/s
インターフェース		RS-232C, RS-485



注：略語説明 RF (Radio Frequency)

図1 プロトタイプシステムの構成

このプロトタイプシステムは、ICタグ、アンテナ、RFユニット、コントローラおよびパソコンから成る。仕分け機と組み合わせることにより、荷物の自動仕分けシステムを構築することも可能である。

考えられる。以下では、宅配便などの混載貨物輸送分野での電子伝票としての応用例について、次いで、その他のロジスティクス分野への応用可能性について述べる。

4.1 混載貨物輸送分野への適用

4.1.1 現行業務上の問題点と課題

一般的な混載貨物輸送業務の流れを図2に示す。混載貨物輸送では、荷送り人情報、荷受け人情報などが記載された複写式の貨物伝票が各貨物にはり付けられる。伝票の各片は荷送り人、荷受け人に渡されるほかに、各通過拠点で通過履歴管理などに用いるために引き抜かれる。各通過拠点では主に荷降ろし、貨物チェック、仕分け、荷積み、貨物通過登録といった作業が行われ、トラックなどの輸送機関によって拠点間の貨物輸送が行われる。

混載貨物輸送での主な業務上の問題点を以下に示す。

第一の問題として、貨物通過登録の作業負荷がある。

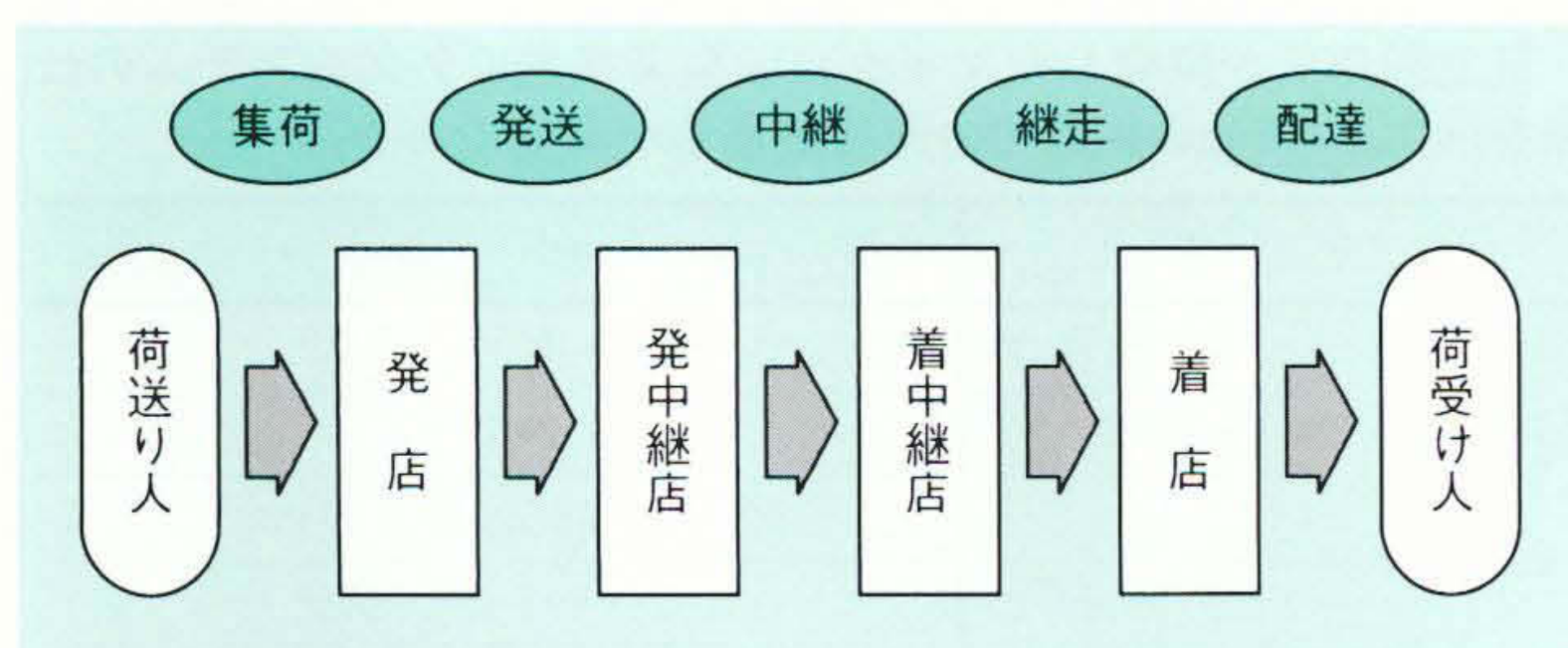


図2 混載貨物輸送業務の流れ

混載貨物輸送では、貨物は荷送り人から発送店、発中継店、着中継店、着店を経由し、荷受け人へ配送される。

貨物通過登録は貨物伝票中のバーコードを一つずつスキャンすることによって行われており、多大な手間を要す。また、現場で処理しきれない場合は、引き抜いた伝票片を基に現場作業終了後にバッチ作業で通過登録を行っている。この場合は貨物と情報にタイムラグが発生し、貨物通過情報の品質が低下する。このため、貨物通過登録の省力化とリアルタイム化が望まれる。

第二の問題は、貨物チェック作業が人手に依存している点である。各拠点で行われる貨物チェック作業には、個数口貨物チェック、貴重品チェック、誤着チェックなどがある。個数口貨物は一つの注文で複数の貨物を取り扱い、拠点通過ごとに全数まちがいなくそろっているかがチェックされる。貴重品の場合は、だれがどの貨物をいつ処理したかを、帳簿などに記録することによってチェックする。また、誤着チェックでは、各貨物の送付先を確認し、輸送ルート上の該当拠点で取り扱うべき貨物かをチェックする。いずれのチェックも人手によるかなりの手間を要しており、作業の簡素化が望まれる。

第三の問題として、伝票コストがあげられる。一般に、貨物伝票の1枚当たりのコストは、10～20円程度である。大手企業では月間数百万個の貨物を取り扱っており、伝票コストは膨大である。最近の環境問題への関心の高まりもあり、複写片枚数の削減、さらにはペーパレス化による伝票コストの削減が望まれる。

4.1.2 電子タグ応用新システム

マイクロ波型非接触IC技術を用いて貨物伝票を電子タグ化することにより、4.1.1で述べた課題の解決が可能と考える。ここでは、その電子タグを活用した新アプリケーションについて述べる。

(1) 集荷

システム構成を図3に示す。まず、荷送り人先で注文情報を登録し、オンラインで発店へ送信する。これに応じて、発店では注文番号を採番し、荷送り人先へ送信するとともに、携帯端末へ注文情報と注文番号をダウンロードする。荷送り人先では、受信した注文番号のバーコードと注文情報が記載されたラベルを出力し、貨物へはり付ける。ドライバーは、携帯端末と貨物番号だけが登録された電子タグを持参する。集荷時に荷送り人先で貨物にはり付けられたラベルの注文番号バーコードを読み取り、これをキーに該当する注文情報を呼び出し、ICリーダー・ライター機能を用いて電子タグへ登録するとともに、タグを貨物へはり付ける。

(2) 拠点内作業

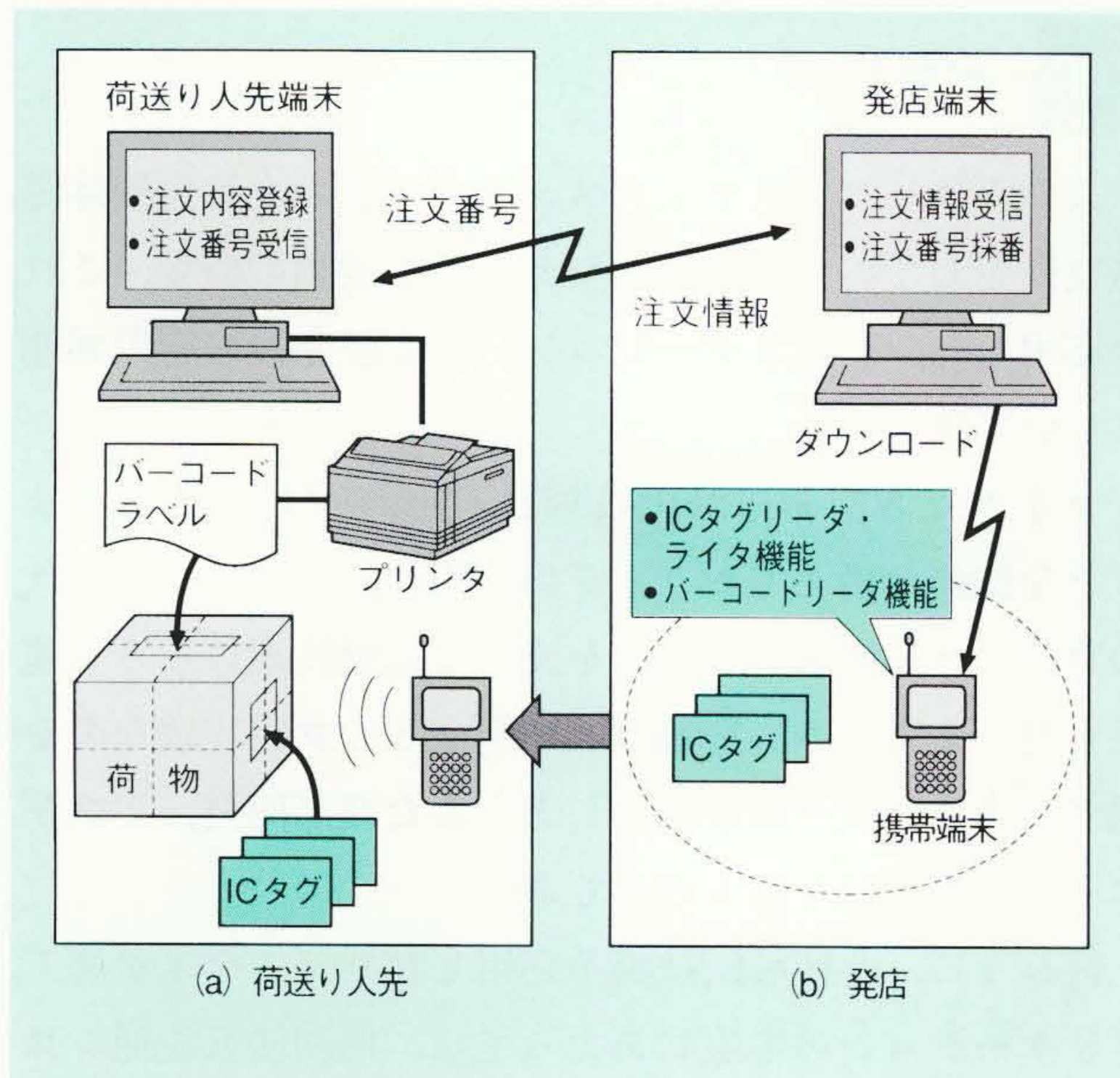


図3 集荷システムの構成

集荷システムの構成を示す。携帯端末を用いて、貨物受領時の電子タグへの注文内容登録が可能である。

(a) 荷降ろし：システム構成を図4に示す。作業前に拠点端末へ荷降ろし作業員の作業員番号を登録しておく。車両からの貨物荷降ろし時に貨物にはり付けた電子タグ情報を、車載ICリーダ・ライタで読み取ることで、荷降ろし通過登録を自動で行う。また、これと同時に、電子タグ情報を基にした貨物個数の自動カウント、注文情報や時刻、作業員名を記載したチェックリストを自動出力する。送付元住所とあて先情報を基にした自動ルートチェックにより、個数口貨物、貴重品、誤着貨物の自動チェックを行う。さらに、貨物取扱区分をあらかじめ電子タグへ登録しておけば、「こわれもの」、「水濡(ぬ)れ注意」といったアラームやラベルを自動出力することも可能である。

(b) 仕分け：仕分け機に設置したICリーダ・ライタで電子タグ中のあて先情報を読み取り、これを基に貨物の自動仕分けを行う。また、あらかじめ電子タグに登録しておけば、配達指定時間が間近な貨物を特急便向けに仕分けるなどの応用も可能である。

(c) 荷積み：システム構成は、荷降ろしの場合と同様である。車両への荷積み時に、車載ICリーダ・ライタで電子タグ情報を読み取ることで、荷積み通過登録を自動で行う。この際、車載システムにあらかじめ登録した各車両別の行き先情報と電子タグ中のあて先情報を比較することにより、自動誤荷積みチェックが可能となる。また、荷降ろし通過情報と荷積み通過情報

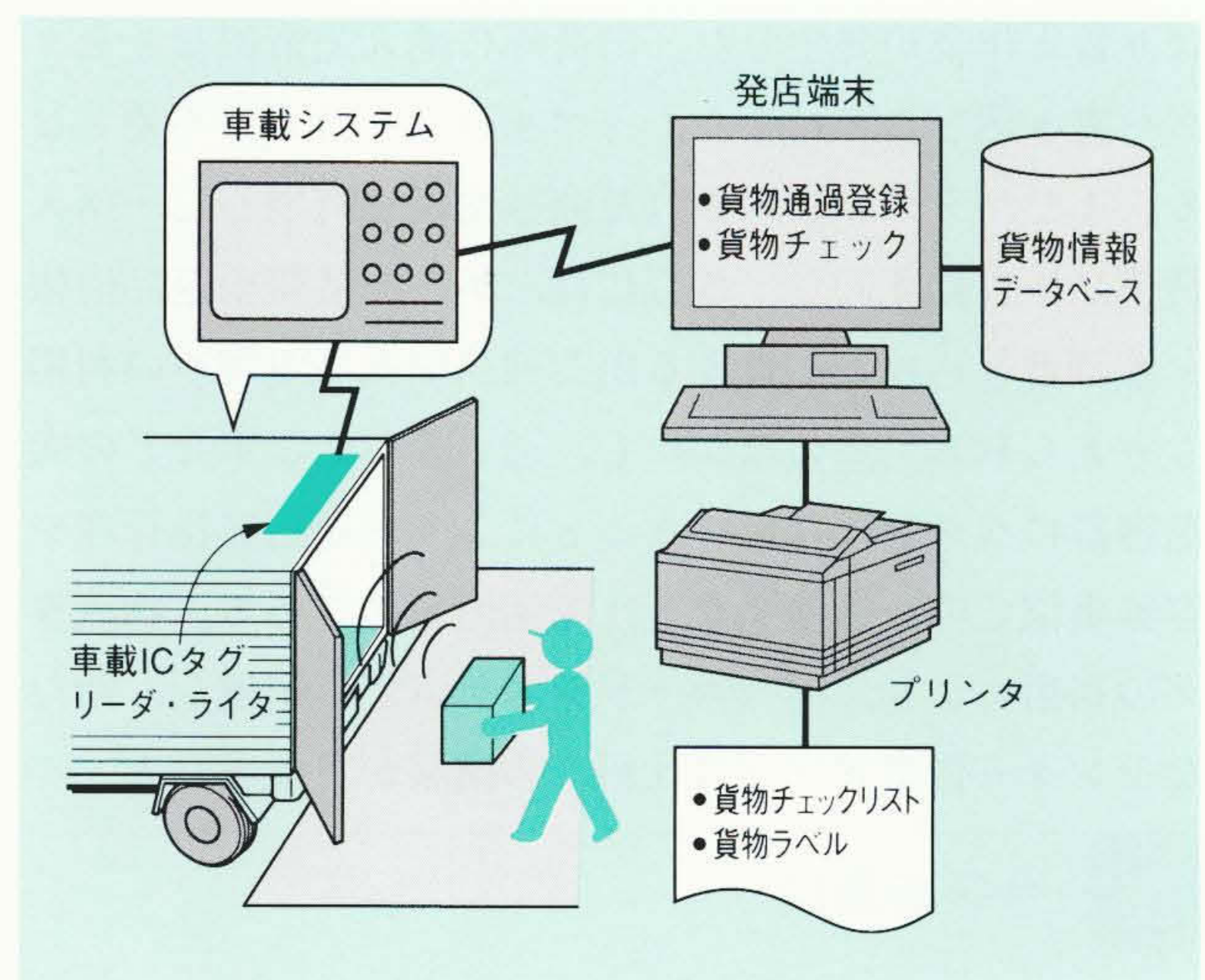


図4 荷降ろし・荷積みシステムの構成

荷降ろしと荷積みシステムの構成を示す。作業負担のない自動貨物通過登録が可能である。

を比較することによる積み残しチェックも考えられる。

(3) 配 達

荷積み通過登録時に、電子タグから取得したあて先情報などを基に、配達先情報を車載システムの表示装置へ出力する。この際、地図情報と連動した配達ナビゲーションも可能である。配達時の車両中の該当貨物の検索は、集荷時に発行したラベルを基に行う。また、現状では、バーコードに比べて電子タグが高価格であるため、配達完了時に電子タグを回収し、タグの再利用を図ることにより投資対効果の採算性を確保する。このアプリケーションの実現には、タグを回収して再利用する運用上の仕組みを構築することが重要なポイントとなる。

上記のように、マイクロ波型非接触IC技術を基盤とする電子タグを活用した新アプリケーションにより、貨物通過登録の省力化とリアルタイム化、貨物チェック作業の簡素化、ペーパーレス化による伝票コストの削減など、バーコードシステムでは実現が困難であった現行業務上の課題の解決が可能となる。ペーパーレス化については、税法上の帳票保管義務が障壁となるが、これは今後緩和される方向にある。混載貨物輸送への電子タグへの適用範囲としては、上記のほかに、不在貨物管理、あて先変更対応、拠点内貨物検索などが考えられる。

4.2 その他の分野への適用

混載貨物輸送分野以外へのマイクロ波型非接触ICタグの適用分野としては、物流タグを利用した物流センター作業支援が考えられる。例えば、バーコードを利用した入荷ラベルと出荷ラベルでは記載情報が異なるため、

はり替え作業が発生した。出荷時に納入先情報などをタグへ書き込むことにより、ラベルのはり替えは不要となる。また、タグに登録された商品情報を利用した一括入荷検品や自動棚卸し、さらには、納品先情報や返品情報を適時書き込むことによる出荷検品や返品処理への利用も考えられる。このほかにも、通い箱やかご車などの搬送容器にタグを取り付けることにより、搬送容器管理や容器単位での一括検品などへも適用可能である。物流タグの利用により、バーコードシステムでは困難な、新たなセンター作業効率化の仕組みの構築が可能となる。

5 今後の展望

この章では、マイクロ波型非接触IC技術と、ロジスティクス分野での応用に関する展望を試みる。

マイクロ波型非接触IC技術は、今後二極化が進むと考える。一方は、非接触通信機能に特化した低価格化である。1チップ化技術や印刷実装技術の開発により、伝票コストと同等の数十円程度、将来的にはバーコードコストと同等の数円程度での供給が望まれる。他方は、CPU (Central Processing Unit) の実装や、表示機能の付加などの高機能化である。高機能化により、電子タグ自体での自動料金計算や、商品情報の自動表示などの現行システムを刷新する応用が可能となる。

ロジスティクス分野への応用展開としては、物流センター内などのクローズドな環境への適用や通い箱、パレットなどのリターナブルな環境への適用が進むと考える。これは、いずれの環境も電子タグの回収、再利用が行いやすく、タグに対する投資の回収が比較的容易なためである。次いで、タグの低価格化が進むに従って、伝票の代替などへ適用範囲が拡大すると考える。さらに、電子タグ1単位当たり数円未満での供給が可能になれば、投資採算性の面でタグのリサイクルは不要となり、バーコードに代わる新たな個体認識技術としての普及が進むと考える。

マイクロ波型非接触ICタグの普及には、標準化が重要となる。現在、マイクロ波型非接触ICタグのアプリケーション・技術仕様に関してISO(国際標準化機構)で国際標準規格の制定が進行中である。国内でもこれを受けて専門委員会が設置され、日本案を検討している。日立製作所は、1996年11月に発足した財団法人流通システム開発センター主催の研究会に参画し、ロジスティクス分野でのマイクロ波型非接触ICタグ応用アプリケーションモデルの開発と標準化に努めている。

6 おわりに

ここでは、ロジスティクスシステムでの次世代個体認識技術としてのマイクロ波型非接触IC技術の概要、これを応用した新アプリケーション、および今後の応用展開について述べた。

マイクロ波型非接触IC技術はバーコードに勝るさまざまな機能を備えており、その応用範囲は広く、次世代のロジスティクスシステムを支える基盤技術になる可能性を持つと考える。今後はユーザーとの共同実験などを通じ、市場のニーズを的確にとらえた製品開発、アプリケーション開発を図る考えである。

終わりに、非接触IC技術を応用したロジスティクスアプリケーションの考案にあたっては、財団法人流通システム開発センターの深田睦雄氏から貴重なご意見をいただいた。ここに感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) Fuji-Keizai USA : The US Radio Frequency Identification Market & Industry Outlook 1996-2000(1996)
- 2) 電子商取引実証推進協議会ICカードWG : ICカードの現状調査報告書, 電子商取引実証推進協議会(1997-5)
- 3) 財団法人 流通システム開発センター : 電子タグについての調査研究報告書, 財団法人 流通システム開発センター(1995-7)

執筆者紹介



曾我修治

1991年日立製作所入社、システム開発本部
ビジネス計画第二部 所属
現在、ロジスティクス分野のシステム計画に従事
工学博士
IEEE会員、電気学会会員
E-mail : sogashi@iabs.hitachi.co.jp



奥村雅彦

1975年日立製作所入社、システム事業部
ロジスティクスエンジニアリングセンタ 所属
現在、ロジスティクス分野のエンジニアリング業務に従事
CLM会員
E-mail : okumura@iabs.hitachi.co.jp



石藤智昭

1989年日立製作所入社、中央研究所 通信システム研究部 所属
現在、無線通信システムに関する研究に従事
工学博士
IEEE会員、電子情報通信学会会員、計測自動制御学会会員
E-mail : ishifuji@crl.hitachi.co.jp



田島貴宏

1991年日立製作所入社、システム事業部
ロジスティクスエンジニアリングセンタ 所属
現在、ロジスティクス分野のエンジニアリング業務に従事
E-mail : tajima_takahiro@cm.head.hitachi.co.jp