

RFIDを用いたレジ完全自動化ロボット

Robot Designed for the Complete Automation of Cashier's Work by using RFID

山本 浩数
Hirokazu Yamamoto
石坪 三和
Miwa Ishitsubo

熊川 正啓
Masahiro Kumagawa
小林 馨
Kei Kobayashi

今村 幸司
Koji Imamura

要 旨

近年、小売業界における労働者負担を軽減するために、電子タグによる個品識別技術を活用したレジ業務の自動化が期待されている。無線技術を用いる電子タグは、見通し外においても電子タグより情報を取得可能である一方、レジカウンター周囲の精算対象以外の商品を誤って検出する。筆者らは、レジロボの袋詰め機構を利用した電子タグの読み取り機構の開発を行った。精算対象とする商品を100%検出し、かつ80 cmより遠くの不要な商品を誤検出しない構成を実現し、実店舗における実証実験を通じてその有用性を確認したので報告する。

Abstract

In recent years, the labor load in the retail industry has continued to rise. Radio-frequency identification (RFID) is one of the key technologies to resolve the cashier load. It is possible to detect desired RFIDs under a non-line-of-sight because they use wireless technology; however, undesired RFIDs are detected as well. We developed an RFID reader using an automatic bagging unit of a Regi-robo. The RFID Regi-robo prototype achieved the desired performance to detect the RFIDs in the bagging unit and to reject the RFIDs located at 80 cm or farther. Moreover, we confirmed the utility of our proposal by a field test.

1. はじめに

近年、少子高齢化に伴う人手不足が深刻化している。特に小売業界は、商品数の増加やサービスの多様化により業務量が増大し、店員の作業負荷軽減が急務となっている。これらの課題を解決するキーデバイスとして、電子タグ (Radio Frequency IDentification, 以下、RFID) が注目されている。RFIDに商品固有の情報を記録し、全商品に貼付することで、個品単位の識別と管理を行うことができ、店舗業務の自動化・省人化による業務効率改善を実現する。

小売業界における業務効率化を推進する施策として、経済産業省より「コンビニ電子タグ1000億枚宣言」[1]が策定され、2025年までにコンビニエンスストア (以下、CVS) 5社の全商品にRFIDを貼付するロードマップが示されている。商品数が膨大な小売業界へRFIDを導入するうえで、RFIDのコストが大きな障壁となっていたが、近年の技術革新により、RFIDの単価が急速に低減し、アパレル業界を中心に導入が進んでいる。

上記の背景を踏まえ、筆者らは、CVSをターゲットとして、特に店員に多大な作業負荷をもたらしているレジ精算業務に着目し、RFIDによるレジ業務の自動化を実現するシステム構築を推進している。本稿では、レジ精算業務へRFIDを適用するうえでの課題、筆者らが開発中である自動レジ精算システム「レジロボ」^(注1)への適用、ならびに評価結果について述べる。

2. 技術要点と構成

2.1 RFID技術の概要

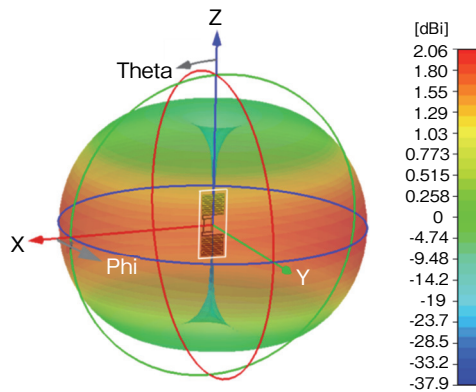
一般にRFIDは、RFID自身が電源をもっているか否かによりアクティブ型/パッシブ型に大別される。また、対応する周波数帯によりさまざまな規格が存在する。本検討では、パッシブ型・UHF帯 (920 MHz) RFIDの標準規格ISO18000-6[2]のエアインターフェースに準じたRFIDを用いる。RFIDへ電力を供給し、情報の送受信を制御するリーダーライター (以下、R/W) の送信電力は最大1 W (=30 dBm) であり、RFIDへの給電方法は無線式である。R/WおよびRFIDのアンテナ利得にもよるが、一般に数mの通信距離をもち、遠距離でもRFIDの読み取りが可能である。一方、R/WとRFIDの間に遮蔽物があると、遮蔽物の構成によってはRFIDに電力が供給されず、通信が不能となる。

RFIDにはさまざまな形状のタグが存在するが、今回はCVSで取り扱う多量の商品への貼付が必要となる背景を踏まえ、コストを最重要視し、ラベル形状のRFID (第1図) を採択した。薄い形状であるため、商品への貼付に際して取り扱いやすい反面、その放射指向性はダイポールアンテナと同様の水平面無指向性である[3] (第2図) ため、RFIDの長手方向 (ヌル方向、第2図のz軸方向) の利得が著しく低く、その方向のR/Wとの通信が非常に困難になるという課題がある。

(注1) レジロボおよびRegi-roboは当社の登録商標。



第1図 ラベル形状のRFID
Fig. 1 RFID label



第2図 一般的なRFIDの放射指向性
Fig. 2 Radiation pattern of typical RFID labels

2.2 レジ精算業務へのRFID適用における課題

CVSにおけるレジ精算業務へRFIDを適用するにあたり、取り扱う商品に起因する課題と、レジ精算の運用上の課題について、順に述べる。

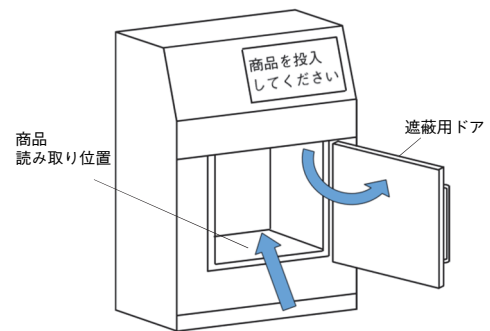
対象とする商品群は、菓子、即席麺、缶製品など商品パッケージに金属蒸着を用いるものが多い。加えて、飲料品など食品内容物に水分を含むものも多い。これらは電波を遮断・減衰するため、バスケットを使って買物をする際、複数の商品を積むと、内側の商品に貼付されたRFIDに十分な電力を供給できなくなる課題がある。

次に、レジ精算について考える。レジ精算では、買物客が購入を希望する商品をPOSシステムへ登録し、合計金額の算出、売り上げ登録処理を行う。RFIDは前述した無線を用いた情報伝達手段であり、商品登録を非接触で一括に実施可能である。これにより店員や買物客がパッケージからバーコードを探して読み取るという負担から解放される。一方、レジ周囲にある精算対象以外のRFIDも読み取り、精算対象として登録するという誤検出の問題がある。

レジ精算へのRFID応用は主に2つの方式がある。1つは、テーブルトップスキャナ型である[4]。テーブル上に平面アンテナを置く方式であり、その上に商品を置きRFIDを読み取る。電波を遮断する要素がないため、周辺のRFIDを誤検出する可能性が高く、出力を抑えて対策している。

したがって、バスケット内に積み重ねられた商品群では、読み落としが発生してしまう。

もう1つは、第3図のような閉空間型である[5]。商品読み取り位置に対する6平面を金属の遮蔽板で囲んでおり、高出力を用いても電波漏れがないため周辺のRFIDを誤検出することがない。しかしながら、買物客は扉を開けて商品を遮蔽板内へ投入し、精算完了後に取り出す必要があり、買物客のユーザビリティを損ねることとなる。



第3図 閉空間型精算システム
Fig. 3 Closed type of RFID cashier

3. レジロボ

上記の課題解決にあたっては、買物客の負担低減、つまりユーザビリティを確保したうえで、精算対象とする商品情報を正確に検出する「検出率の向上」と、周囲の不要な商品の情報を誤って検出しない「誤検出率の低減」の両立が必要である。そこで筆者らは、レジロボの袋詰め機構を利用したRFID方式のレジロボを提案する。

ここで、筆者らが開発したRFID方式の基盤としたバーコード方式のレジロボの概要について述べる。レジロボは専用の買物かごであるスマートバスケット (Smart Basket, 以下SB) と袋詰め機構、それらを制御するシステムから構成される。

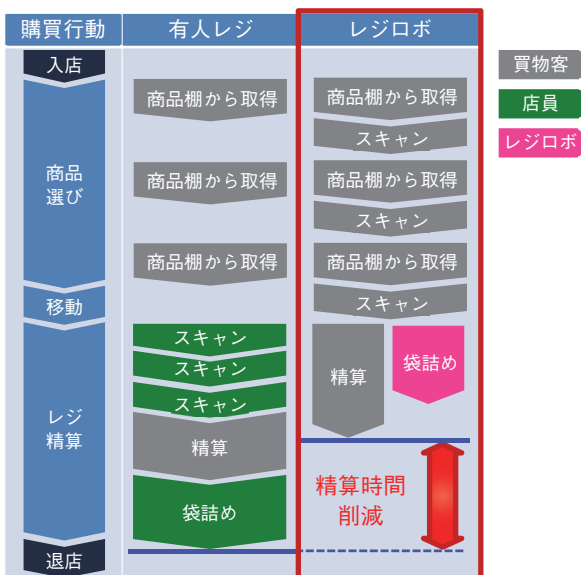
買物客は、第4図 (b) に示すSBのバーコードリーダーを用い、店内移動中に商品情報の読み込みを行い、レジでのバーコードスキャン時間を省くことができる。加えて、精算中にレジロボの袋詰め機構を用いて自動で袋詰めを行うことで、スピード会計を実現する。有人レジと比較した買物フローを第5図に示す。

レジロボの袋詰めは、第4図 (b) のSBがレジロボに設置されてから始まる (第6図①)。SB底面の袋詰めシャックを開き (第6図②)、あらかじめレジ袋をセットしたステージが商品を支持し、SB内の商品配置を維持したまま、ステージへと遷移する (第6図③)。このステージを降下させることで、商品を袋の中に納める (第6図④)。ステ

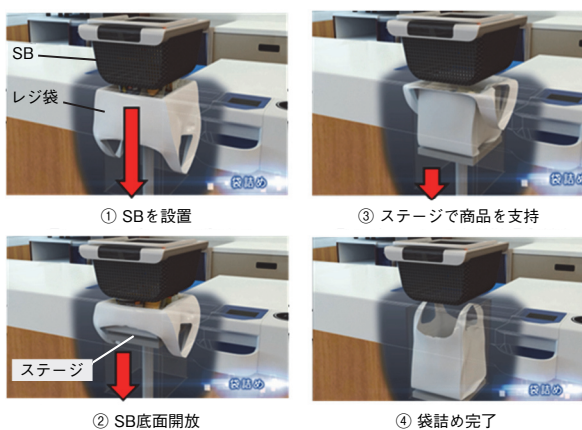
ージ降下時に、商品を包み込むように袋詰めを行い、商品の横転や破損を回避する。買物客が精算を終えると、ステージとともに袋詰めされた商品を上昇させ、買物客が商品を受け取れる位置に移動し、袋詰めが完了する。



第4図 レジロボ外観 (a) とスマートバスケット (b)
Fig. 4 Exterior of (a) Regi-robot and (b) smart basket



第5図 有人レジとレジロボの買物フロー比較
Fig. 5 Comparison of shopping flow diagram

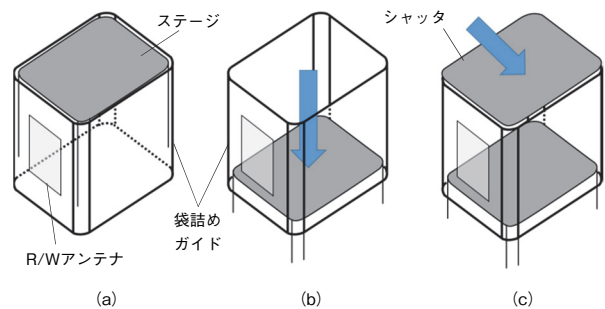


第6図 袋詰め機構動作
Fig. 6 Sequence of automatic bagging unit

4. RFIDレジロボへの適用

レジロボにおいてRFIDの読み取りを買物客が行うのではなく、精算時に自動で行うことができればユーザビリティが向上する。そこでRFIDの読み取りを自動で行うため、バスケットの下部に位置する袋詰め機構のガイドに読み取りアンテナを配置し(第7図(a))、商品を袋詰めするためにレジロボ筐体(きょうたい)内部に商品を移動させ(第7図(b))、ガイド上部のシャッタを閉じることで閉空間を作る(第7図(c))。そして、その閉空間内において電波を出力し、RFIDの読み取りを行う。

自動的に商品を閉空間に格納することで、買物客へ負担を強いることなく、検出率の向上と誤検出率の低減を両立することが可能になると考える。



第7図 袋詰め機構を利用した閉空間の構築
Fig. 7 Sequence of constructing closed space

このレジロボ袋詰め機構を用いたRFIDの読み取りを実現するため、以下の2点の取り組みを実施した。

① アンテナ数とその配置

買物客が商品をバスケット内に入れる際の位置・角度・向き・順番は決まっておらず、その組み合わせは無数である。アンテナに対してRFIDが読めない向きに配置されると検出できなくなるため、検出率を向上させるためには、閉空間を形成する平面6面のうち少なくとも互いに直交する3平面にアンテナを配置することが望ましい。さらに、商品による遮蔽の影響を鑑みて、商品を挟み込むように平面ごとに配置することが有効と考える。しかし、アンテナ数は、コストとのトレードオフがあるため、アンテナ数と検出率の関係を把握し、最適な構成を導く。

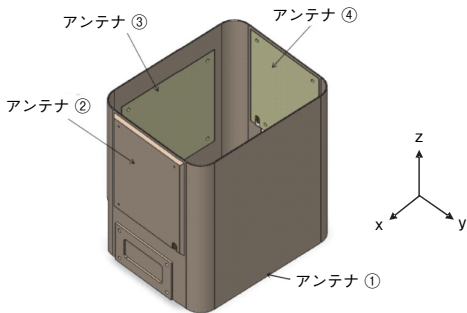
② 閉空間内の電波強度測定と対策

金属で構成されるガイド、シャッタおよびステージに囲まれた閉空間に発生させた電波は、波の性質により、電波の強さ(電波強度)が強まる位置と弱まる位置が周期的に表れる定在波が発生しやすくなる。その電波が弱まる位置(ノル点)にRFIDが位置すると、R/Wの出力が高くてもRFIDを読み取れない。そのため、閉空間内の電

波強度の把握と、その対策の検討を行う。先行例[6]では、電波吸収体を設置する対策を採択しているが、コストが増加するため、実用化への障壁となり得る。

4.1 アンテナ配置検討

アンテナ数による検出率を評価した。第8図に袋詰めガイドにおけるアンテナ配置を示す。xy, yz, zxの3平面に加えてyz平面と平行な面の4面にアンテナを配置する。アンテナ配置がない2面は、袋詰め機構および構造上、アンテナ設置が困難であり、残る4面のアンテナ配置をパラメータとする。アンテナ数1の場合はアンテナ①のみを使用し、4の場合はアンテナ①～④を使用する。アンテナ数に合わせてアンテナ番号順に使用するアンテナを変えている。また、送信出力を2段階（24 dBm, 30 dBm）で実施する。

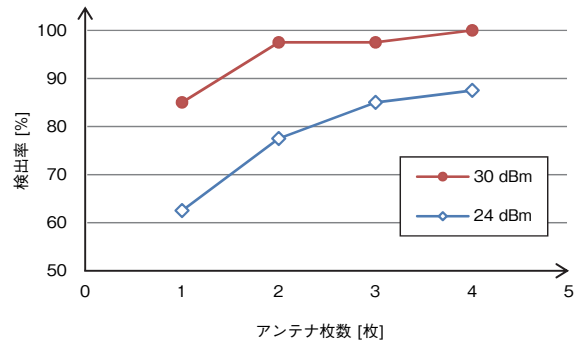


第8図 アンテナ配置
Fig. 8 Antenna position in bagging guide unit

RFIDのアンテナ特性は、長手方向にヌルが発生し、さらに回転により偏波面が変わるため、R/W側のアンテナには偏波面に依存しない円偏波アンテナ[7]を用いる。

評価対象商品は、CVSの売り上げ上位5商品（弁当、おにぎり、パン、ペットボトル飲料、タブレット菓子）とした。これらの商品にRFIDを貼付してガイド内に投入し、全商品のRFIDを検出した場合を検出成功と定義する。商品の配置方法によって検出結果が変化するため、配置パターンを8種類定義し、各5回計40回試行することによって、検出率評価を行った。

第9図に評価結果を示す。アンテナ数および出力電力の増加に応じて検出率は増加し、アンテナ4面、出力電力30 dBmにおいて検出率100%を得た。3面のアンテナを用いることで3平面を満たすことが可能だが、商品そのものによる遮蔽の影響で電波が減衰し、RFIDを検出できないケースがあり、機構の制約のなかでの設置最大数である4面が妥当であると判断する。



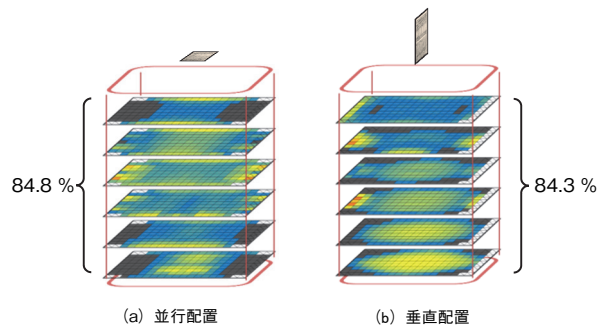
第9図 アンテナ数に対する検出率
Fig. 9 Detection ratio vs number of antennas

4.2 閉空間対策

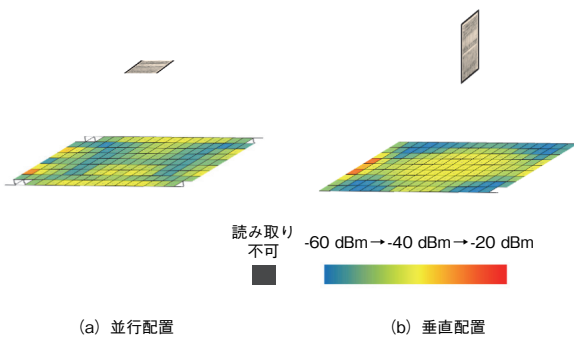
定在波のヌル点によるRFID読み取り漏れを回避するために、筆者らは袋詰め機構の動作に着目し、ステージを移動させながらRFIDの読み取りを行う方式を考案し、評価を実施した。ガイドは長辺29 cm×短辺23 cm×深さ37 cmの直方体形状である。深さ方向は1波長（約33 cm）より長く、ガイド内の空間をステージが移動することにより、いずれかの電波が強まる位置でRFIDが読み取れると考える。

アンテナ4面配置時のガイド内の電波強度の評価を実施した。本評価では、電界強度ではなく、実際のRFID（31 mm×18 mm）を用いた検出可否および受信信号強度（RSSI：Received Signal Strength Indication）で評価した。ガイド長辺方向を2.5 cm、短辺方向を1.5 cm間隔のメッシュで区切り、各メッシュにRFIDを配置した。出力は30 dBm固定とした。偏波面による影響も考えられるため、ステージに対してRFIDの長手方向を寝かせて置いた場合（並行配置）と、垂直に置いた場合（垂直配置）の2パターンについて評価を実施した。

第10図に、ステージ移動なしの評価結果を示し、第11図に、ステージ移動ありの場合の評価結果を示す。第10図 (a) (b) のグレーのメッシュはRFIDの検出ができない位置（ヌル点）を表す。RFIDが検出可能な領域は、ス



第10図 ガイド内のRSSI分布（ステージ移動なし）
Fig. 10 Distribution of RSSI with fixed stage position



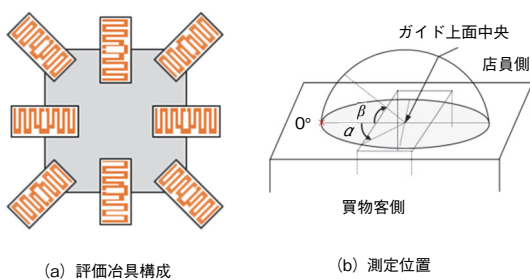
第11図 ガイド内のRSSI分布 (ステージ移動あり)
Fig. 11 Distribution of RSSI with stage position moving

ステージ移動なしの場合、高さが異なる全6評価のメッシュ中、並行配置では84.8%、垂直配置では84.3%であった。一方、ステージ移動ありの場合は、並行・垂直配置ともに100%を得た。ステージ移動なしの場合(第10図)は、ヌル点が発生しているのに対して、ステージ移動を行うこと(第11図)ですべてのメッシュにおいてRSSIが-60 dBm以上を確保しており、RFIDが応答可能である。

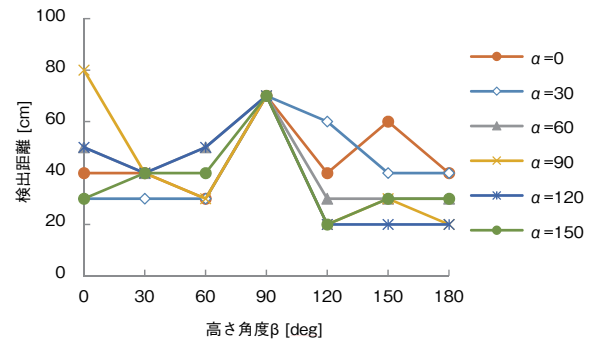
4.3 誤検出率の測定

次に、袋詰め機構外のRFIDの誤検出に関する評価を実施した。偏波の影響を低減するため、第12図(a)に示すようなRFIDを8方向に配置した治具を用いて、レジロボ上面におけるRFIDを検出する最大距離を評価した。第12図(b)に示すようにガイド上面の中央を原点とし、水平角度 α および高さ角度 β をそれぞれ30°単位に刻み、計42方向で測定を行った。

第13図にレジロボ上面の各方向の最大検出距離を示す。検出距離が最大となった方向は、通常買物客が会計中に立つレジ正面方向($\alpha=90$ deg, $\beta=0$ deg)であり、その距離は80 cmであった。実際の店舗においては、この方向には1.8 mの通路を挟んで陳列棚が存在し、かつ会計中は買物客自身が電波を遮蔽するため、袋詰め機構外のRFID誤検出は発生しないと考えられる。



第12図 測定治具と測定方向
Fig. 12 Measurement jig and coordinate system



第13図 レジロボ上面の最大検出距離
Fig. 13 Maximum distance of detecting RFID outside Regi-robo

5. 実店舗による実証実験

2017年2月6日~2月20日、「ローソンパナソニック前店(大阪府守口市)」において、RFIDレジロボを用いた実証実験を実施した。この期間中に約2700会計をRFIDレジロボで実施し、購入された全商品のうち、97.9%がRFIDによって自動的に検出された。CVSで取り扱う多様な商品をすべて対象とした際に、いかに検出率を100%へと近づけるかについては、今後の課題である。

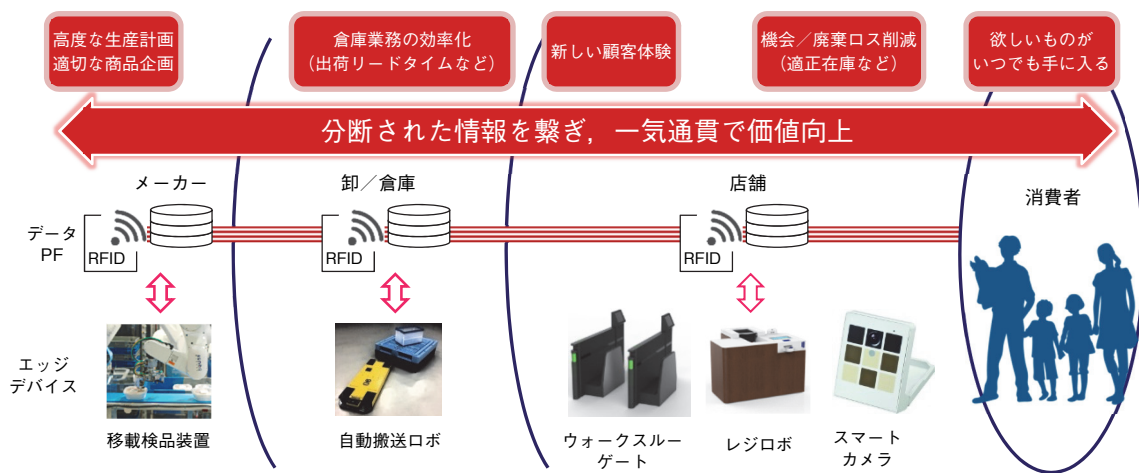
また、未精算のRFID付き商品を所持した買物客が、他の買物客がレジロボで精算の様子を近傍で見学されるケースも多く見受けられたが、誤検出によって不要な商品が精算対象として計上される事象は発生しなかった。以上より、RFIDレジロボがCVSにおけるレジ業務自動化のソリューションとして有用であると考えられる。

また、期間中にRFIDレジロボが処理した会計を店員が処理した場合の時間に換算すると、1日あたり2.3時間であった。RFIDレジロボの導入により、レジ業務の効率化・省人化が実現され、新たに創出された店員の時間を、接客などの他のサービスへ充当することで店舗全体の生産性を向上させることが可能である。また、多種多様な商品を対象とするCVSで適用できたことにより、ドラッグストアなど、他の小売業界への応用も期待できる。

6. まとめ

本稿では、小売業界におけるレジ精算自動化を視野に、RFIDをレジロボへ適用し、読み取り精度を向上する技術について述べた。同技術により、CVSにおけるレジ業務の効率化を実現することを、実証実験を通じて明らかにした。

RFIDをレジ業務へ応用したが、RFIDによる個品識別技術を入荷検品、在庫管理、盗難防止など、レジ業務以外の店舗内業務を支援するソリューションへ応用するこ



第14図 サプライチェーン最適化
Fig. 14 Optimization of supply chain management

とが可能であると考え、さらに、個品管理は、商品需要予測の高精度化に繋(つな)がり、商品発注精度の向上、それに伴う過剰生産・過剰在庫の抑制、効率的な配送網制御を実現可能とする。すなわち、RFIDによる個品識別技術は、「売る(小売)」局面での活用に留(とど)まらず、「作る(製造)・「運ぶ(物流)」局面を含めたサプライチェーン全体の最適化を実現するものと確信している(第14図)。

今後は、RFIDを核としたサプライチェーン全体を統合する基盤技術の構築を目指し、サプライチェーンイノベーションに寄与していく。その1つの取り組みとして、2018年2月17日～3月6日にトライアル本社構内の実験店舗「トライアルラボ店」(福岡市)と弁当工場2拠点を繋いだ物の流れの可視化、ゲート型決済機によるスマート会計、ダイナミックプライシングの実証実験を行っており、その有効性を確認している。

参考文献

[1] "コンビニ電子タグ100億枚宣言～サプライチェーンに内在する社会課題の解決に向けて～," 経済産業省, <http://www.meti.go.jp/press/2017/04/20170418005/20170418005.html>, 参照 Oct. 20, 2018.

[2] Information technology -Radio frequency identification for item management- Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz General, ISO/IEC18000-6, 2013.

[3] 上坂晃一 他, "無線ICタグにおけるアンテナ技術," 信学論B, vol.J89-b, no.9, pp.1548-1557, 2006.

[4] 平成18年度流通・物流効率化システム開発調査 コンビニエンスストアにおけるソースタギングを起点とした電子タグ活用に関する実証実験報告書, (株)ファミリーマート, 2007.

[5] "流通ドキュメント・ソリューション," 東芝レビュー, vol.

73, no. 2, p. 69, 2018.

[6] 西田伸克 他, "電波吸収体による UHF帯 RFID電磁環境制御方法の開発," 三菱電線工業時報, 第104号, Sept. 2007.

[7] 鶴浩二 他, "電磁界強度を用いたRFタグ位置推定技術の開発," 大分工業高等専門学校紀要第47号, Nov. 2010.

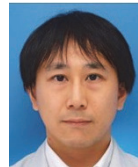
執筆者紹介



山本 浩数 Hirokazu Yamamoto
パナソニック スマートファクトリーソリューションズ (株)
Panasonic Smart Factory Solutions Co., Ltd.



熊川 正啓 Masahiro Kumagawa
パナソニック スマートファクトリーソリューションズ (株)
Panasonic Smart Factory Solutions Co., Ltd.



今村 幸司 Koji Imamura
パナソニック スマートファクトリーソリューションズ (株)
Panasonic Smart Factory Solutions Co., Ltd.



石坪 三和 Miwa Ishitsubo
コネクティッドソリューションズ社
プロセスオートメーション事業部
Process Automation Business Div.,
Connected Solutions Company



小林 馨 Kei Kobayashi
パナソニック スマートファクトリーソリューションズ (株)
Panasonic Smart Factory Solutions Co., Ltd.