非接触 IC カードリーダライタ

近藤　史郎（こんどう　しろう）　　四蔵　達之（しくら　たつゆき）

1　まえがき

近年，カード犯罪防止やセキュリティ向上などの目的から IC カードの導入機運が高まっている。特にカード表面に電気接点などを持たず，電池も内蔵しない「非接触 IC カード」が大きな注目を浴びており，鉄道事業者による電子乗車券としての実用化の成功や，広域電子マネー会社などによるサービスの開始を受けて，人が持つカードとしての地位を確立しつつある。

富士電機では，早くから中波帯や 2.45 GHz 帯を利用したデータキャリアシステムおよびスキー場自動改札システムなどを手がけてきた。そして今回，13.56 MHz 帯非接触 IC カードとして，その高速性，高セキュリティ性に優れているソニー（株）FeliCa カードを利用した電子マネー決済機器搭載用各種リーダライタ（以下，RW と略す）を開発したので以下に紹介する。

2　電子マネーシステムと主要機器

電子マネーシステムとは，日常使用する財布を電子化するシステムである。現金に相当するバリューを電子的に IC カードのメモリ内にあらかじめ記憶させ，そのバリューの範囲内で店舗やコンビニエンスストア，自動販売機の料金決済を行い，それらの電子的売上げデータをクリアリングセンタに集信してリアルのバリューに変換，精算するシステムである。**図 1** に電子マネーシステムの仕組みを示す。

このような電子マネーシステムを構築する際に必要となる主要な構成機器としてはカードにバリューをチャージする電子マネー入金機，カード決済対応の自動販売機用カード機器や店舗，コンビニエンスストアなどの店舗用決済端末，電子マネー利用データ集信クリアリングセンタなどがある。

この中で RW を搭載するのは，入金機，自動販売機端末および店舗用決済端末であるが，それぞれ利用シーンが異なるため，RW に要求される機能や性能にも違いがあり課題もある。**表 1** に各種 RW の仕様をまとめる。

以下では，まず RW の動作原理と基本技術について述べ，続いて利用シーン別に要求される機能要件，開発コンセプト，課題と解決策について述べる。

図 1　電子マネーシステムの仕組み

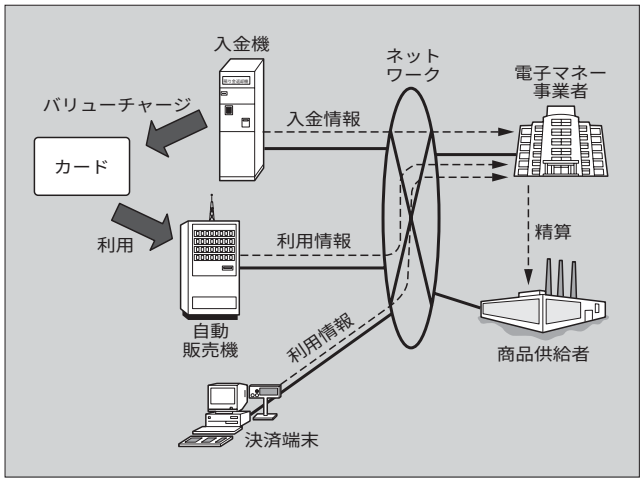


表 1　各種決済機器用 RW の仕様

項目＼種類	自動販売機用	決済端末用	入金機用
操作方式	タッチ式	タッチ式	挿入式
通信距離	カード：12 mm	カード：20 mm	──
適合規格	微弱無線	微弱無線	特定小電力
共通仕様	搬送波周波数：13.56 MHz 通信速度：211 k ビット/秒 変調方式：ASK（ダウンリンク） ロードスイッチング（アップリンク） ビットコーディング：マンチェスタ		
特　　徴	○シングルタッチオペレーション用ユーザーインタフェース搭載	○カード，リストバンド共用	○電磁ロックによるカード保持 ○停電時自動排出機能

近藤　史郎

無線通信方式および非接触 IC カードの研究開発に従事。現在，事業開発室ネットワークソリューション部グループマネージャー。IEEE 会員。

四蔵　達之

EMC，高周波電磁界の解析技術の研究に従事。現在，事業開発室ネットワークソリューション部主任。電気学会会員。

3　動作原理と基本技術

3.1　動作原理

図 2 に非接触 IC カードの動作原理を示す。前述のように IC カードには電源がないため，RW はカードに電源を供給しながら同時に通信を実行する。RW とカードのアンテナコイルが電磁的にカップルしている状態で，RW は 13.56 MHz の搬送波によりカードに電源を送る。同時に，RW からカードにデータを送る場合は RW は変調度約 10 % の ASK（Amplitude Shift Keying）信号を送信，カードはそれを検波してデータに直す。逆にカードから RW にデータを送る場合は，カードが RW からの無変調信号を受信している状態で，カード内の変調器により負荷変動を発生させる。RW はこの負荷変動を自己のループアンテナの電流変化として検出し，データを復調する。

3.2　基本技術への取組み

非接触 IC カードとの通信を実現する RW においては，以下の点に留意する必要がある。

(1)　多様なメディアに対応できること。

(2)　さまざまな設置環境での使用に耐えること。

(3)　無線機として電波法を遵守すること。

この中でも昨今では特にメディア多様化への対応が重要になっている。FeliCa 応用の広がりに伴って，複数カード同時識別を考慮したアンチコリジョンカードや，磁気ストライプおよび接触式・非接触式インタフェースを 1 枚のカードに実装したハイブリッドカード，コンビカードの登場など，同じ非接触 IC カードといってもその特性に差のあるものが出現している。これらではカード側のアンテナ設計などに差があることから，RW 側のアンテナ設計とのマッチング問題が出てくる。

加えてカード側もカード形状にこだわらず，利用シーンに合わせて，より利便性を向上させたものが出現している。非接触 IC カードの利点の一つとして，接触式のように RW とカードのコンタクトの位置が一意に決まる必要がないという点が挙げられるが，これを生かして富士電機ではリストバンドシステムをすでに実用化している[(1)]。さらに今後は時計や携帯電話などへの非接触 IC インタフェース実装が予定されており，今まで以上に多様なパラメータを持つメディアとの通信を実現する RW の設計が求められることになる。

図 2　非接触 IC カードの動作原理

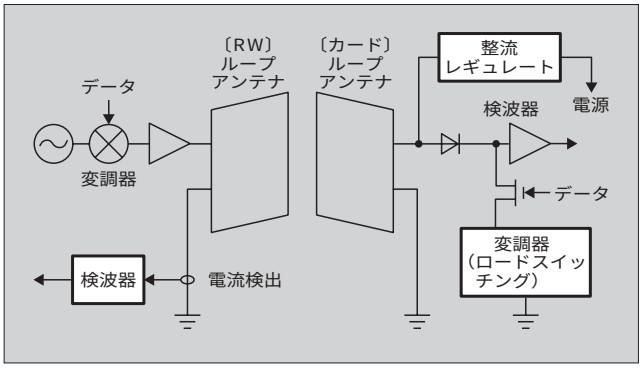
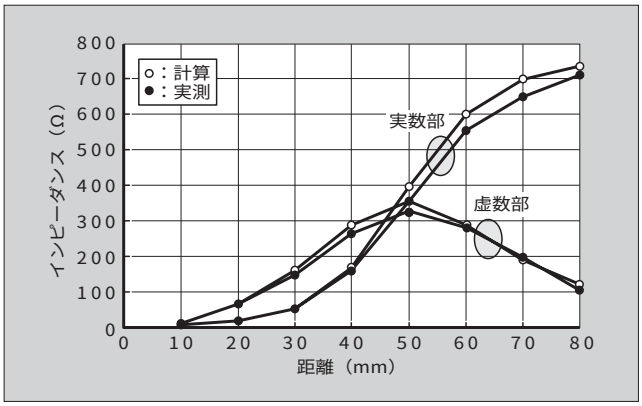


図 3　RW アンテナ解析例



3.3　RW 設計技術

3.2 節のようにメディアが多様化していく状況に柔軟かつ迅速に対応していくため，富士電機ではアンテナ，RF（Radio Frequency）部の特性解析ツール高度化研究を推進している。具体的には従来から開発に取り組んできたアンテナ解析ツールとして線状アンテナおよび面状アンテナの解析が可能な高周波電磁界解析プログラム[(2)(3)]を応用し，これらを複合化させることにより，アンテナ単体はもちろん，RW アンテナ周囲に金属体がある場合も容易に解析することができるツールを開発している。

図 3 に，RW アンテナとカード側アンテナとの距離に対する RW アンテナの入力インピーダンス変化の一例を示す。この特性は，アンテナ形状の違いや共振周波数の変化によって異なる様相を呈することが分かっており，また，これに応じて，RF 回路定数を変更することが必要となる。したがって，電磁界解析と回路解析とを連携させ，RW の主要部分を一括して解析することにより，メディア種類や設置環境に応じて，最適な RW を迅速に提供することができる。この技術については，『富士時報』2002 年 9 号にてさらに詳しく報告する予定である。

4　利用シーンと機能要件および対応策

4.1　入金機用 RW

入金機の外観を**図 4** に示す。バリューをチャージするというシーンは最も高いセキュリティ性を必要とする。富士電機では無人で行う電子マネー入金機を開発したが，その RW としては下記をコンセプトとして掲げ，開発を行った。

4.1.1　開発コンセプト

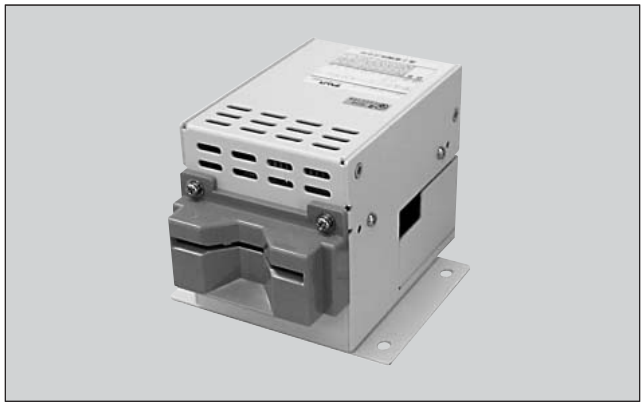
(1)　標準カード，アンチコリジョンカード，ハイブリッドカードのいずれでも使用可能な RW を実現する。

(2)　安定した通信時間を確保するため，カード挿入式とする。

(3)　カード挿入方向は，制限を設けないこととする。

図４　入金機の外観

図５　入金機用 RW の外観



(4)　RW の筐体（きょうたい）は完全に金属で覆う。
(5)　停電時などでもカードを飲み込み状態としない。

4.1.2　課題と解決策

入金機用 RW は挿入式を採用していることから，多様なカードへの対応ではアンテナの取付け位置が問題となる。特に挿入式でカードの挿入方向にも制限がない場合，特性が悪くなる方向性が一つでも出てくると不具合が発生してしまう。富士電機では，先のツールも活用して開発を行い，異種カードの共用 RW を実現した。なお，**図５**に入金機用 RW の外観を示す。

4.2　自動販売機[(4)]

図６に非接触 IC カード対応自動販売機の外観を示す。自動販売機での電子マネー利用シーンは，普及台数の多さおよび社会生活に密着していることもあり最も期待されているものの一つである。特にテナントの多く入ったビル内の自動販売機や事業所内に設置される自動販売機，さらに温浴施設の中など水着や裸で過ごす環境でも自動販売機の電子マネー対応が望まれている。

図６　非接触 IC カード対応自動販売機の外観

4.2.1　開発コンセプト

富士電機では本号の別稿（札幌における電子マネー実証実験）で述べる「セレクティングファースト方式」を新たに考案し，カードをワンタッチで決済できる制御方式を提案している。そこに用いる RW の開発コンセプトは次のとおりである。

(1)　金額表示器，スイッチ，カードタッチエリアを集中配置し，人に優しい操作性，ガイダンス性を実現する。
(2)　カードとの通信性能を確保する。
(3)　微弱電波規格範囲で RW を実現する。

4.2.2　課題と解決策

自動販売機用 RW の課題は，ガイダンスのための表示器や操作のためのスイッチ類をアンテナと共存させ，しかも自動販売機前面の限られた取付けスペースに押し込むことである。また，自動販売機前面扉が鉄板であることを考慮したアンテナ構造とし，有効にカードとの交信エリアを確保できることも重要な要件である。さらに微弱無線とした理由は，自動販売機が頻繁に移設されることに配慮して開局申請なしで使用できるようにしたものである。

富士電機では，先の解析・設計技術と構造設計上の工夫により，カードタッチがしやすく視認性もよい RW を実現した。特に RW には LED 表示などのユーザーインタフェースが実装されているが，これらはカスタマーニーズに合わせてアレンジが可能となっている。**図７**に自動販売機用 RW の外観を示す。

4.3　店舗決済端末用 RW

図８に決済端末の外観を示す。これは各種店舗においてカードによる決済を実行するための機器である。富士電機では決済端末の利用シーンとして温浴施設などでリストバンドで買物をする場面までを考慮し，大人から子供，身体

図７　自動販売機用 RW の外観

図８　決済端末の外観

（a）係員用端末　　（b）客用端末

に障害のある方にも使いやすいユニバーサルデザインを目指した開発に取り組んでいる。

4.3.1　開発コンセプト

決済端末の開発コンセプトとして以下を設定している。

(1)　バリアフリー性に配慮したアンテナ

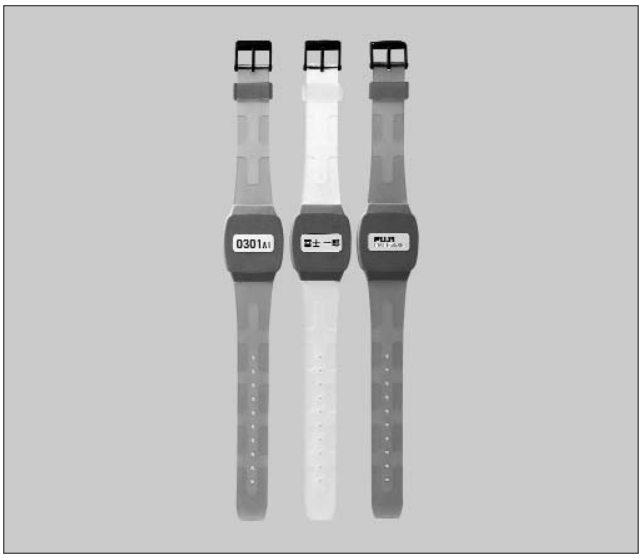
(2)　人に優しい操作ガイダンス

(3)　リストバンドが右左いずれの腕にされていても使いやすいアンテナ形状

4.3.2　課題と解決策

決済端末用 RW は，カードと**図９**に示すリストバンドとで共用できるものとなっている。外形が約 27 mm 角のリストバンドと 85.6 × 76（mm）のカードの両方と通信が可能となるようアンテナに特に工夫がされている。さらに，リストバンドは人が腕に付けたままで操作するため，

図９　リストバンド



固定された RW のタッチエリアへのタッチがやりにくい場合を考慮して，この端末では RW のタッチエリア部が本体から外れる構造となっている。アンテナ操作部は，扇形状となっており，左右いずれの手でも持ちやすく，それをリストバンドへ触れることで利用できる構造としている。

5　あとがき

交通事業者や広域電子マネーサービス事業者らによる非接触 IC カードの採用をきっかけに非接触 IC カードは広く人々に受け入れられつつある。これらが IT（Information Technology）社会における一つのインフラストラクチャーになり，そのうえに多様のアプリケーションが展開される日も近づいている。富士電機では，先に発表された電波法の規制緩和へ向けた動きも積極的に取り入れ，RW のさらなる応用展開技術を研究し，より使い勝手がよく，またオペレーションコストを下げ得るものを実用化し，今後も非接触 IC カードシステムの普及促進に向けて努力を続けていく所存である。

参考文献

(1)　川崎治夫．IC チップを埋め込んだリストバンドによる情報管理．月刊バーコード．vol.15，no.1，2002.

(2)　坪井始ほか．モーメント法による MRI 用 RF アンテナの電磁界解析．電子情報通信学会資料．MBE87-27，1987.

(3)　四蔵達之，志賀悟．パッチモデルによるストリップラインアンテナの解析．平成 5 年電気学会全国大会．no.1403，1993.

(4)　川崎治夫，近藤史郎．かざし型非接触 IC カードリーダ/ライタ．情報端末．vol.2，no.7，2000.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。