

# 技術基礎講座

## 【非接触ICカード技術】

第1回 非接触ICカードシステムをめぐる動向

第2回 サービスに応じた非接触ICカードとリーダライタ

### 第3回 非接触ICカードとリーダライタとのインタフェース（物理レイヤ）

第4回 非接触ICカードとリーダライタとのインタフェース（通信プロトコル）

第5回 非接触ICカードシステムとセキュリティ認証制度

入退管理システムや鉄道改札等で使われている非接触ICカードシステムでは、非接触ICカードをリーダライタにかざしている間、両者は電磁誘導により結合し、この結合を介して利用者IDや運賃金額などの情報伝送を行います。また、これと同時に、電池やクロック発振器を持たない非接触ICカードを動作させるため、リーダライタから非接触ICカードに電力伝送、クロック伝送も行います。今回は、この仕組みについて述べます。

### 電磁誘導による結合

非接触ICカード（カード）はリーダライタと電磁誘導により結合することで、はじめて動作します。カードのアンテナコイルとリーダライタのアンテナコイルが重なるようにかざすことにより、両アンテナコイルは、ちょうど変圧器と同じように、電力や電気信号を授受することができます。カードとリーダライタは図に示すよ

うに、この電磁誘導による結合を介して、リーダライタからカードへの電力伝送、クロック伝送、およびリーダライタとカード間の双方向の情報伝送の3つの伝送を行います。したがって、カードを斜めにかざしたり、リーダライタから遠すぎたりして、この結合が不十分で3つのうち1つでも欠如すると、カードはうまく動作しません。

次に、上記3つの伝送に関して、現在よく使われている表1に示す3種類のカードについて、図を参照しながら

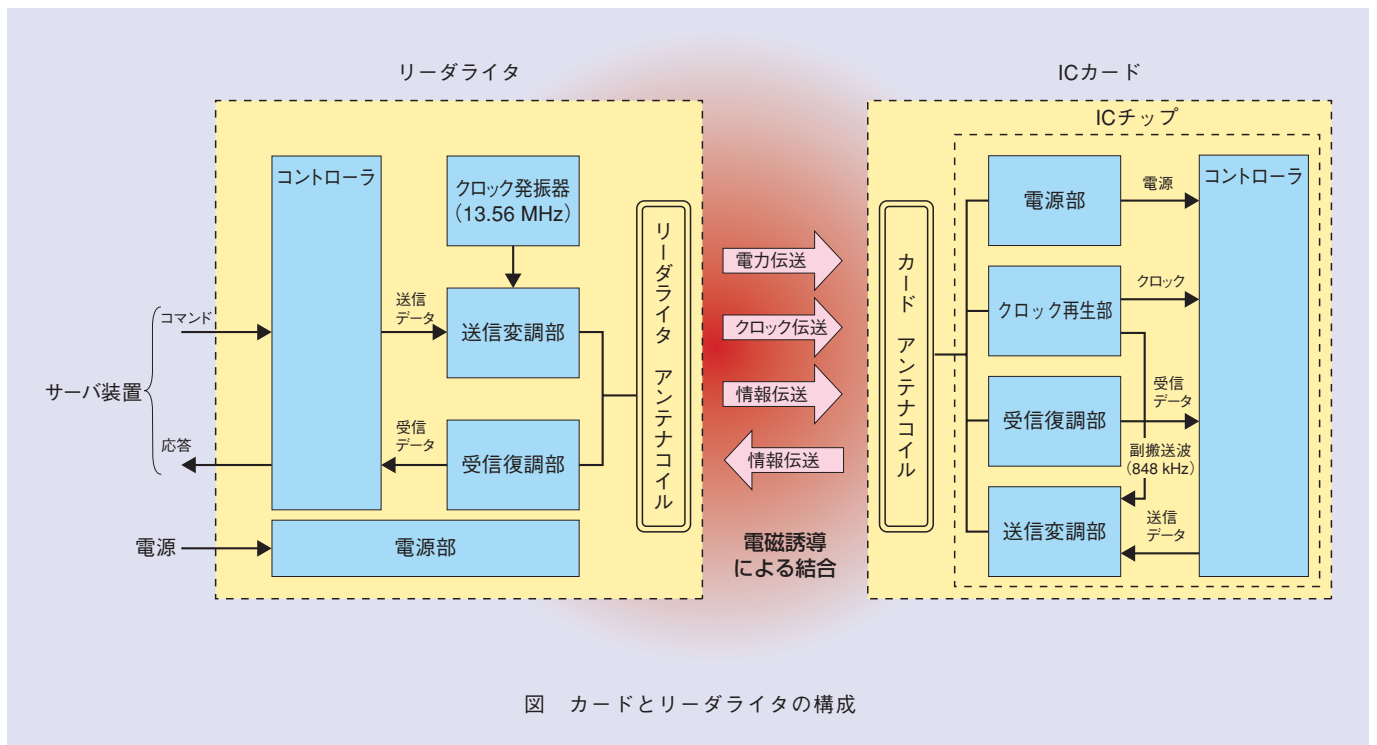


図 カードとリーダライタの構成

ら仕組みを説明します。

(1) リーダライタからカードへの電力伝送

リーダライタはクロック発振器で発生した13.56 MHzの信号を送信変調部で増幅してアンテナコイルに加えており、アンテナコイルからは13.56 MHzの強い交流磁界が発生しています（搬送波）。リーダライタのアンテナコイルにカードをかざすと、磁界の一部がカードのアンテナコイルを貫き、ここに交流電圧が発生します。これをICチップに内蔵された電源部において直流に変換後、これより低い電圧に定電圧化して、ICチップ内のコントローラに供給します。

カードが得ることのできる電力はリーダライタから離れるほど小さくなります。また、リーダライタのアンテナ面に対してカードを斜めにかざすほど小さくなります。コントローラが動作できないほど小さくなると、処理中にもかかわらずコントローラの電源が切れてしまいます。かざし方によっていつ電源が切れるか分からないため、コント

ローラで実行されるアプリケーションでは処理中の電源断への対策が必須となります。

以上の電力伝送の仕組みは、表1に示すどのカードについても同様です。

(2) リーダライタからカードへのクロック伝送

ICチップは固有のクロック発振器を持っていないので、アンテナコイルに発生する13.56 MHzの交流電圧を基に、クロック再生部においてコントローラのクロックとして使えるように波形整形し、クロックを得ています。また、このクロックを基準に各種のタイミングをつくり出しています。例えば、リーダライタとカードの間において伝送速度106 kbit/sでシリアル通信をするときのカード側の送受信タイミングは、このクロックを128分周することにより得ます。このように、カードはリーダライタの発生する磁界の周波数、つまりリーダライタの持つクロックを基準として、各種タイミングをつくり出しており、リーダライタの持つクロックに同期して動作するという特

表1 各種カードでの変調方式

種類		ISO/IEC 14443 タイプAカード	ISO/IEC 14443 タイプBカード	FeliCaカード
リーダライタ ↓ カード	変調方法	搬送波をASK100%変調	搬送波をASK10%変調	搬送波をASK10%変調
	符号化	変形ミラー	NRZ-L	マンチェスタ
	伝送速度	106 k, 212 k, 424 k, 828 kbit/s	106 k, 212 k, 424 k, 828 kbit/s	212 kbit/s
	変調波形 イメージ*1	(a)	(b)	(c)
カード ↓ リーダライタ	変調方法	副搬送波をOOK変調*2	副搬送波をBPSK変調	搬送波をASK10%変調
	符号化	マンチェスタ*2	NRZ	マンチェスタ
	伝送速度	106 k, 212 k, 424 k, 828 kbit/s	106 k, 212 k, 424 k, 828 kbit/s	212 kbit/s
	変調波形 イメージ*1	(d)	(e)	(f)

\*1 搬送波の包絡線を示す波形。グレーの部分は搬送波で埋めつくされている。

\*2 212 k, 424 k, 828 kbit/s時の変調方法および符号化方法はタイプBと同様(4)。

ASK: Amplitude Shift Keying OOK: On Off Keying BPSK: Binary Phase Shift Keying NRZ: Non Return to Zero

徴があります。

以上のクロック伝送の仕組みは、表1に示すどのカードについても同様です。

(3) リーダライタとカード間の情報伝送

情報伝送の方法は、表2に示すように、情報を授受する二者（機器A、機器B）ともに、電源を持つ他の近接無線通信とは大きな違いがあります。まず、情報伝送の媒体として、他の近接無線通信が電波を使用するのに対して、カードは電磁誘導による結合を使用します。また、カードからリーダライタへの情報伝送は、カードが伝送する情報に応じてリーダライタが発する搬送波への反射を2段階に変化させ、リーダライタがその変化を読み取るパッシブ方式となっています。カード自らが搬送波を発生するのではなく、リーダライタからの搬送波に対する反射を変化させるだけです。カードからリーダライタへの情報伝送に必要なカード側の電力は小さくて済みます。このように、電池を持たないカードにとって都合のよい方式となっています。

伝送する情報の搬送波への載せ方

ここでは表1の各種カードについて、伝送する情報の搬送波への載せ方（変調方式、符号化方式）を説明します<sup>(1)~(3)</sup>。

■リーダライタからカードへの情報伝送

(1) タイプAカード

変調方式、符号化方式には表1に示すものを使用します。この方式は、表1(a)に示すように、搬送波、すなわち磁界の放射を停止（ポーズ）する位置を、伝送する情報の各ビットに対応して、以下のように変化させることにより、リーダライタからカードに情報を送ります。

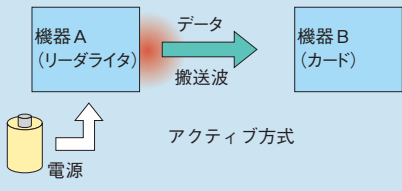
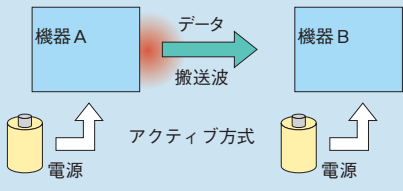
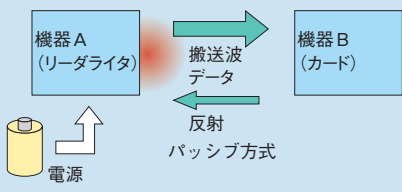
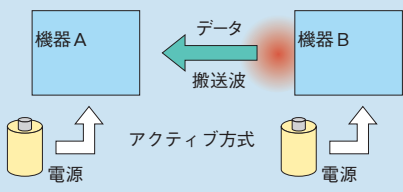
- ・ “1” を送るとき：ビットの中央にポーズを入れる
- ・ “0” を送るとき：“0” の次の “0” のみにビットの最初にポーズを入れる

ポーズの幅は、カードへの電力伝送が長時間途切れることのないようにするため、2～3 μsと短くします。

(2) タイプBカード

変調方式、符号化方式には表1に示すものを使用します。この方式は表1(b)に示すように、搬送波、すなわち磁界

表2 情報伝送方法の相違

種類	非接触ICカード	他の近接無線通信
伝送媒体	電磁誘導による結合	電波
機器Aから機器Bへの情報伝送	 <p>機器A (リーダライタ) → データ → 搬送波 → 機器B (カード)</p> <p>電源 ↑ アクティブ方式</p>	 <p>機器A → データ → 搬送波 → 機器B</p> <p>電源 ↑ アクティブ方式 ↑ 電源</p>
機器Bから機器Aへの情報伝送	 <p>機器A (リーダライタ) → 搬送波 → 機器B (カード) → データ → 反射</p> <p>電源 ↑ パッシブ方式</p>	 <p>機器B → データ → 搬送波 → 機器A</p> <p>電源 ↑ アクティブ方式 ↑ 電源</p>
具体例	ISO/IEC 14443 タイプAカード ISO/IEC 14443 タイプBカード FeliCaカード 等	無線LAN Bluetooth ZigBee <sup>(5)</sup> 等

の振幅を少しだけ弱くする位置を、伝送する情報の各ビットに対応して、以下のように変化させることにより、リーダライタからカードに情報を送ります。

- ・ “1” を送るとき：磁界の振幅を変化させない（元のまま）
- ・ “0” を送るとき：磁界の振幅を少し弱くする

この方式は、情報伝送にあたり、ポーズを使うのではなく、磁界の振幅を少し弱める方法なので、カードへの電力伝送が途切れることがないというメリットがある反面、カードでの “1”、“0” の判別が難しくなります。

### (3) FeliCaカード

変調方式、符号化方式には表 1 に示すものを使用します。この方式は表 1 (c) に示すように、搬送波、すなわち磁界の振幅を元の振幅としたり、少しだけ弱くしたりする位置を、伝送する情報の各ビットに対応して、以下のように変化させることにより、リーダライタからカードに情報を送ります。

- ・ “1” を送るとき：ビットの前半は元の振幅とし、後半は少し弱くする
- ・ “0” を送るとき：ビットの前半は少し弱くし、後半は元の振幅とする

## ■カードからリーダライタへの情報伝送

カードからリーダライタへの情報伝送について、FeliCaカードでは、搬送波に直接情報を載せますが、タイプAカード、タイプBカードにおいては、搬送波に直接情報を載せるのではなく、これを16分周して得られる約848 kHzの副搬送波を使用します。カードはリーダライタからの搬送波に対して、848 kHzのスピードで反射を2段階に変化させることにより副搬送波を発生します。副搬送波はリーダライタ側から観測すると、表 1 (d)、(e) の櫛の歯状の部分のようになります。タイプAカード、タイプBカードでは、この副搬送波をそれぞれ次のように利用してリーダライタに情報を送ります。

### (1) タイプAカード

変調方式、符号化方式には表 1 に示すものを使用します。この方式は表 1 (d) に示すように、伝送する情報の各ビットに対応して、副搬送波の発生の仕方を以下のように変化させることで、リーダライタからカードに情報を送ります。

- ・ “1” を送るとき：ビットの前半で副搬送波を発生させる
- ・ “0” を送るとき：ビットの後半で副搬送波を発生させる

### (2) タイプBカード

変調方式、符号化方式には表 1 に示すものを使用します。この方式は表 1 (e) に示すように、伝送する情報の各ビットに対応して、副搬送波の位相を以下のように変化させることで、リーダライタからカードに情報を送ります。

- ・ “1” を送るとき：ビット期間副搬送波の位相を0度とする
- ・ “0” を送るとき：ビット期間副搬送波の位相を180度とする

なお、基準となる位相0度を表す副搬送波は情報伝送に先立ち、リーダライタに送っておきます。

### (3) FeliCaカード

変調方式、符号化方式には表 1 に示すものを使用します。この方式は、伝送する情報の各ビットに対応して、搬送波に対する反射を2段階に変化させることにより、表 1 (f) のようにリーダライタからカードに情報を送ります。

- ・ “1” を送るとき：ビットの前半は元の振幅とし、後半は少し弱くする
- ・ “0” を送るとき：ビットの前半は少し弱くし、後半は元の振幅とする

## 安定した通信を実現するためには

リーダライタとカードは電磁誘導による結合を介して情報伝送するため、リーダライタの設置環境が不適切であると、磁界が弱められ、カードとの必要な通信距離が得られない、場合によってはカードを認識しないという問題を生じることがあります。よって、リーダライタが発する磁界が弱められないように、設置環境に注意する必要があります。特に、リーダライタを改札機のような金属の筐体に入れたり、入退室ドア横の金属の壁に設置したりする際には注意が必要です。リーダライタのアンテナ面に平行な広い金属面が近くにあると、リーダライタが発する磁界により、これに誘導電流が流れ、この電流によって発生する磁界がリーダライタの発する磁界を打ち

消し、結果的にリーダライタの発する磁界を弱めてしまいます。この対策としては、例えば以下のことが考えられます。

(1) リーダライタアンテナ面と金属をできるだけ離す

リーダライタが発する磁界が交わらないように、リーダライタのアンテナコイル面と平行な金属面からできるだけ離してリーダライタを設置します。

(2) 金属面を適切な材質、サイズの磁性体で覆う

リーダライタの設置環境によっては(1)の対策が十分実施できない場合があります。この場合には、適切な材質、サイズの磁性体をリーダライタ背面の金属面に設置することにより、金属の影響を軽減することができます。

## コミュニケーションホールの原因と対策

リーダライタとカードの組合せによっては、リーダライタ近くの磁界の強い領域であっても、カードがリーダライタに反応しない領域、つまりコミュニケーションホール<sup>(3)</sup>が発生することがあります。これが発生すると、かざし方の微妙な違いによってカードが反応したり、しなかったりするので、特に鉄道改札など高速性が要求されるアプリケーションでは利便性を大きく損ないます。

この原因としては種々のことが考えられますが、例えば以下のことがあります。

(1) 過大入力によるカードシャットダウン

リーダライタにかざしたとき、カードの得られる電力が、ICチップの許容値以上となり、保護のためICチップがシャットダウンする場合です。ICチップの許容値に収まるようにリーダライタの出力を低下させる、カードのアンテナ共振周波数を調整して過大入力とならないようにする等の対策が考えられます。

(2) 結合状態による情報伝送エラー

カードのアンテナコイルとリーダライタのアンテナコイルとの結合状態により、カードからの反射の様子がリーダライタ側において微弱すぎて検出できない、あるいは微弱すぎて検出誤りが発生し、伝送エラーとなる場合です。適切な結合が得られるように両者のアンテナコイルを設計する、リーダライタの受信復調部の受信性能を向上させる等の対策が考えられます。

## 電波法令との関係

リーダライタは副次的に電波を発生するので、他の無線設備等に妨害を与えないように、電波法令により運用が規制されています。電波法令においてリーダライタは、誘導式読み書き通信設備と呼ばれ、電力線搬送通信設備などととも高周波利用設備に位置付けられています。この中において、リーダライタは以下の2種類に分類されます(電波法施行規則第四十四条の二(2)(3))。

- ・リーダライタから3mの距離における電界強度が500  $\mu\text{V}/\text{m}$ 以下のもの
- ・総務大臣の型式の指定を受けたもの

前者は出力の特に小さな小型のリーダライタに適用されています。一方、後者は一定距離における電界強度等の許容値が電波法施行規則第四十六条の二により規定されるもので、前者には収まらない比較的大型のリーダライタに適用されています。後者の型式の指定は、リーダライタメーカーやこれを組み込む機器メーカーが取得します。型式指定を取得したリーダライタやこれを組み込んだ機器には、型式指定マークが表示されています。

### 参考文献

- (1) K. Finkenzerler: "RFIDハンドブック第2版," ソフト工学研究所訊, 日刊工業新聞社, 2004.
- (2) ISO/IEC 14443-2 2001: Identification cards - Contactless Integrated circuit (s) cards - Proximity cards - Part 2: Radio frequency power and signal interface.
- (3) 菊部: "非接触ICカード設計入門," 日刊工業新聞社, 2005.
- (4) ISO/IEC 14443-2 AMENDMENT2 2004: Identification cards - Contactless Integrated circuit (s) cards - Proximity cards - Part 2: Radio frequency power and signal interface, Bit rates of fc/64, fc/32 and fc/16.
- (5) <http://www.zbsigj.org/>

### ◆問い合わせ先

NTTサービスインテグレーション基盤研究所  
ICカードサービス推進プロジェクト  
E-mail [sd-info@lab.ntt.co.jp](mailto:sd-info@lab.ntt.co.jp)

このコーナーで取り上げて欲しいテーマをE-mailで編集部までお寄せください。  
●(社)電気通信協会内 NTT技術誌事務局 E-mail [jimukyoku2008@tta.or.jp](mailto:jimukyoku2008@tta.or.jp)