

# 給電型 I D システムの開発

土肥正男\*<sup>1)</sup> 中矢由之\*<sup>2)</sup> 北山英幸\*<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

近年、製造業界をはじめ物流分野においても、C I M 化、分散化を推進するためのキーパーツとして I D システム (Identification System) が導入されるケースが急増している。I D システムはバーコードを用いたシステムのように非接触で個体識別のみを行うだけでなく、製造履歴 (加工情報、品質情報等) などの情報管理をも可能にするものであり、「物と情報の一元化」を行う上で必要不可欠なシステムとして注目されている。当社においても従来より I D システムの技術開発ならびに商品化を行ってきたが、データキャリア (以下タグと記す) に電池を内蔵していたために、タグの小型化・薄型化が困難であった。

今回、市場の要望に応え、電池レス化によるタグの小型化・薄型化を実現するため、給電型 I D システムを開発したので、タグ開発を中心に以下に述べる。ただし、基本的な動作原理や命令コマンド等の詳細な説明については過去の IDEC REVIEW の中ですでに記述しているため、ここでは省略する。

## 2. 給電型 I D システムの概要

今回開発した給電型 I D システムの外観図を図 1 に示す。構成としては、RS 2 3 2 C タイプの I D コントローラ (FP1A-C21)、アンテナ (FP1A-A31)、カード型タグ (FP1A-T21)、小型タグ (FP1A-T22)、その他ハンディコントローラ (FP1A-HC2) などがある。

給電方式の動作原理を図 2 に示す。給電型 I D システムは従来のシステムとは異なり、タグに電池を内蔵せず、アンテナコイルからの電磁誘導により電力供給および信号伝達を同時に行い、タグのコイルに発生する誘導起電力を整流してタグ内蔵のコンデンサに充電し、これを電源として電子回路の駆動、メモリアクセス、レスポンスの送信を行うものである。アンテナタグ間の通信方式については、従来の方式をそのまま受け継ぎ、アンテナ、

タグ共、送信時は NRZ の符号データをバイフェーズ符号に変換し、さらに 500kHz の A S K (Amplitude Shift Keying : 振幅変移) 変調を行い、送受信コイルからデータ伝送している。また、受信時には送受信コイルで受信した信号を増幅、復調し、バイフェーズ / NRZ の符号変換を行っている。タグの電池レス化の特長として、図 3 に示すように、T21 の場合厚みが従来機種 (T11) に比べて約 1 / 4、T22 の場合体積が従来機種 (T13) に比べて 1 / 2 にそれぞれ薄型化・小型化できた。さらに電池内蔵タイプに比べて長寿命化、ならびにメンテナンスフリーが実現できた。

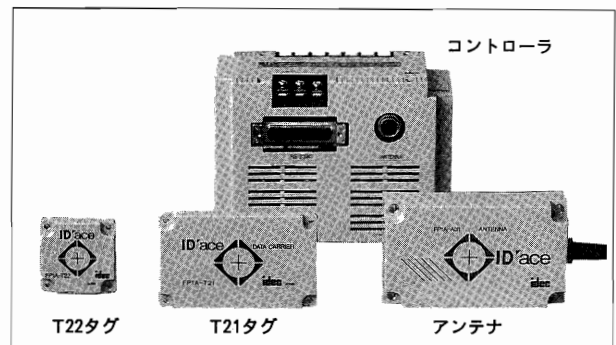


図 1 給電型 I D システムの外観図

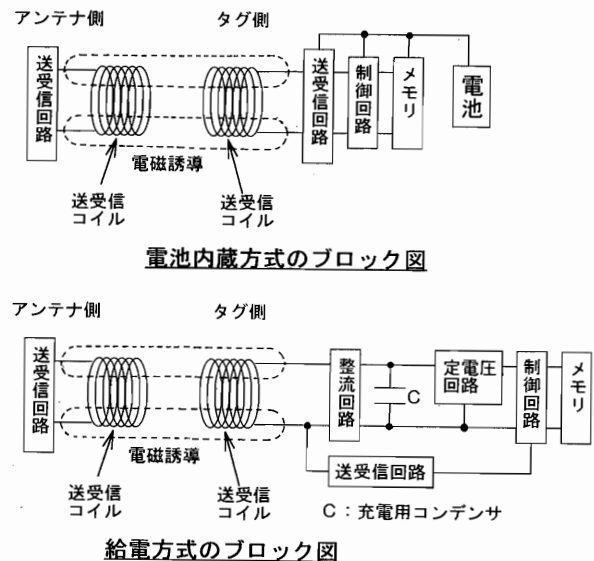


図 2 給電方式の動作原理図

\* 1) 商品開発部  
\* 2) 商品開発部  
\* 3) 商品開発部

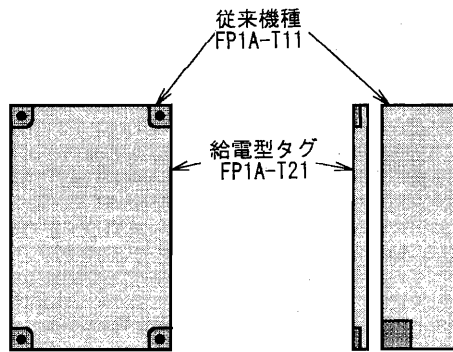


図3 タグの外形比較

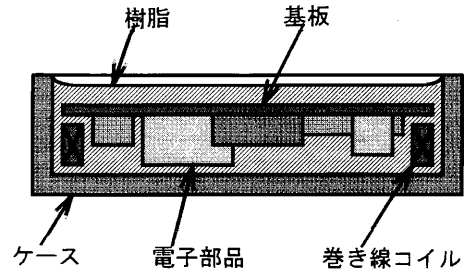


図4 T21構造図

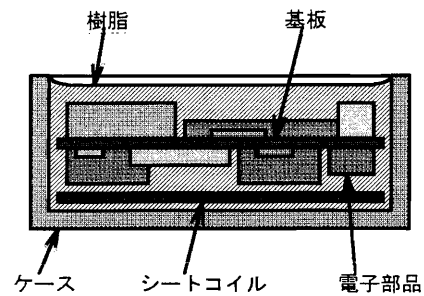


図5 T22構造図

### 3. タグの開発

給電型IDシステムで重要となるのはタグの開発である。今回の開発の目的からすれば、いかにして通信性能の向上したタグを小型・薄型にするかが重要である。そこで、技術課題としてつぎの点が重要である。

- (1) タグの構造
- (2) コイルの最適化
- (3) メモリ素子の選定

これらについて、以下順次検討する。

#### 3.1 構造

今回開発したタグの構造図を図4、図5に示す。まず、T21は高さを抑えるために電子部品を片面実装し、さらに部品の周囲を取り囲むように巻き線コイルを配置して全体を樹脂充填した構造により薄型化している。

一方、T22は、取り付けスペースを考慮し、電子部品を両面実装して、さらに厚みを抑えるためにシートコイルを採用した構造により全体を小型化している。

#### 3.2 コイルの最適化

給電型タグにおいては、アンテナのコイルから供給される電力をいかに効率よく受け取ることができるかが非常に重要な課題であり、これによって通信距離特性が大きく左右される。この受電能力を決定づけるのがコイル設計であるが、パラメータとして①コイルの内径、②線径、③巻き数、および④充電用のコンデンサの容量等多くの因子があり、計算によって最適値をもとめることは非常に困難である。したがって、まずこれらのパラメータをそれぞれ独立して変化させて、各々実際の通信距離にどう影響を与えるかを検討した。

図6に各パラメータの通信距離に対する影響を示す。アンテナのコイルが発生する誘導磁界をより強く受けるためにはコイルの面積を大きく、つまりコイルの内径を大きくする方がよく、またコイルの抵抗成分を小さくして電源用コンデンサを充電し易くするためにコイルの線径は大きいほうがよいことが分かる。ただし、コイルの内径と線径の上限はタグの外形により制約を受ける。コイル巻き数は、コイルに整流回路と充電用コンデンサを接続し、アンテナの送信時間 ( $t_1$ ) とコンデンサの電圧 (V) との関係により検討した。図7にその結果を示す。タグが動作するためには時間  $t_1$  でコンデンサの電圧を

$V_1$ まで充電する必要があるが、一般的にコイルの巻き数が増すとコイル電流（充電電流）は減少し、コイル電圧は上昇するため最適な巻き数が存在する。

コンデンサの容量は実際の回路で容量を変化させ、通信時のコンデンサの電圧波形を計測して検討した。図8に通信時のコンデンサの電圧波形を示す。タグが動作するためには $V_2$ 以上の電圧が必要となるが、コンデンサの容量を大きくすると、充電に時間がかかるため受信時間 ( $t_1$ ) において必要電圧まで充電できない。また、逆に容量を小さくすると、受信時の電圧は大きくなるが送信時に電圧が大きく降下し、 $V_2$ 以下になることから最適な容量値が存在する。

以上に述べた各々のパラメータの傾向をもとに、T21用のコイルについて、各々の巻き数に対して最適な容量値を選択したときの、コイルの巻き数と通信距離の関係を図9に示す。このグラフによりコイルの巻き数および充電用コンデンサの容量値を決定している。

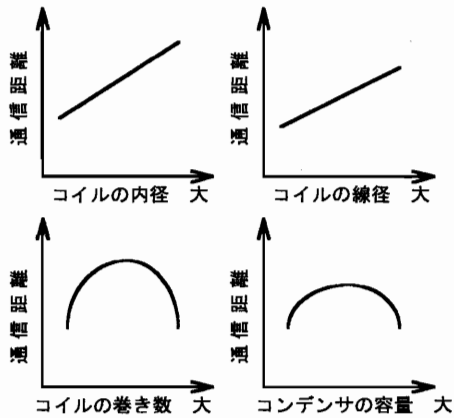


図6 各パラメータの通信距離に対する影響

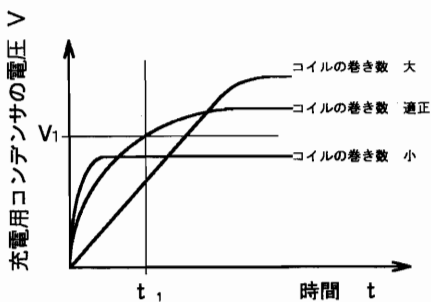


図7 コイルの巻き数と充電用コンデンサの電圧

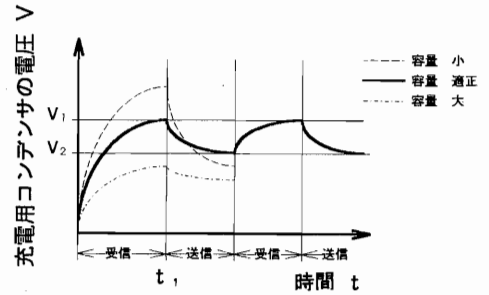


図8 充電用コンデンサの容量と電圧波形

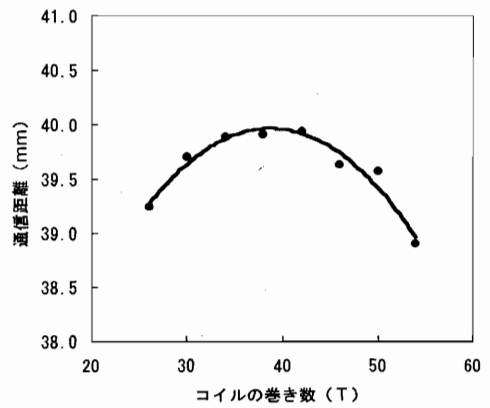


図9 コイルの巻き数と通信距離の関係

### 3.3 メモリ素子の選定

各種メモリの特性比較を表1に示す。タグに内蔵するメモリ素子として、従来の電池内蔵タグではSRAM (Static Random Access Memory) を使用していた。SRAMは、書き換え速度が速い、消費電力が小さい。書き換え回数が無制限である等の特長があるが、電源を切ると記憶していたデータが消えてしまう揮発性のメモリであり、電池を内蔵しない給電型タグには使えない。同様の理由でDRAM (Dynamic Random Access Memory) も除外される。強誘電体メモリ、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)、FLASHメモリ (電気的一括消去書き換え可能なEEPROMの一種) の内、強誘電体メモリは書き込み速度と書き換え回数でEEPROMとFLASHメモリよりも優れている。タグに内蔵するメモリを考えた場合、データ書き込みの高速化はタグ-アンテナ間的高速通信を実現する上で重要な項目であり、一方書き換え回数は、製品の寿命に関わってくるため、できる限り多い方が良い。以上の理由から強誘電体メモリを採用した。強誘電

体メモリは、強誘電体薄膜の電気分極を利用した不揮発性メモリであり、①読み出し／書き込み速度が速い、②読み出し／書き込み回数が多く、③低消費電力であることから給電型タグにとって最適のメモリである。

表1 各種メモリ素子の特性比較

	強誘電体メモリ	EEPROM	DRAM	SRAM	FLASH
不揮発性	○	○	×	×	○
書き込み速度	~300ns	~5ms	~100ns	~100ns	~10μs
書き換え回数	10 <sup>10</sup>	10 <sup>5</sup>	無制限	無制限	10 <sup>5</sup>

#### 4. アンテナのドライブ回路の設計

給電型アンテナは、非接触でタグに電力供給を行わなければならないため、大きな磁界を発生させる必要がある。図10に示すような半径aの円形回路Cに電流Iが流れるとき、その軸上に生じる磁界は、図示のように円の中心Oを原点とし、これに垂直な方向をz軸にとって、円柱座標をとると、線要素ds=adφによる軸上の点Pにおける磁界dHを、z軸に平行な磁界dH<sub>z</sub>と垂直な磁界dH<sub>r</sub>の2成分に分解すると、ビオ・サバルの法則より

$$dH_z = dH \sin \alpha = \frac{Iad\phi \sin \alpha}{4\pi r^2} \quad (1)$$

$$dH_r = \frac{Iad\phi \cos \alpha}{4\pi r^2} \quad (2)$$

対称性のためにdH<sub>r</sub>の積分は0となるので

$$H = H_z = \oint_C dH_z = \int_0^{2\pi} \sin \alpha \frac{Iad\phi}{4\pi r^2} = \frac{a^2 I}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} \quad (3)$$

n巻きコイルの場合、近似的に上記円形回路Cがn個集まったものと考えると

$$H = \frac{na^2 I}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} \quad (4)$$

となり、(4)式より、タグが受ける磁界の強さは、アンテナのコイル電流とコイルの巻き数の積に比例する。アンテナコイルに大きな電流を流す方法として、コイルに直列にコンデンサを接続し、LCの直列共振回路を構成している。図11に電池内蔵タグ用の従来のアンテナの

ドライブ回路と給電型アンテナのドライブ回路のブロック図を示す。共振回路部のインピーダンスは以下の式で表される。

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \quad (5)$$

- Z : 共振回路部のインピーダンス
- R : コイルの抵抗成分
- f : キャリア周波数
- L : コイルのインダクタンス
- C : コンデンサの容量

上記の式において、あるコイルのL値に対して

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \quad (6)$$

(6)式の関係を満たすCの値を選択することにより、コイルとコンデンサを共振させることができる。共振状態においてはコイルの誘導リアクタンス2πfLとコンデンサの容量リアクタンス1/2πfCは互いに打ち消しあってZ=Rとなり、共振回路部のインピーダンスはコイルの抵抗成分のみとなるので、コイル電流が非常に大きくとれるという利点がある。図12にアンテナコイルの共振特性を示す。コイルの抵抗を小さくするためには、巻き数を減らし、線径を大きくするのがよい。コイルの巻き数を減らすことは(4)式の結果と相反するが、実験結果により、巻き数を減らしてでも線径を大きくした方が有利であることが分かった。ただし、巻き数つまりコイルのL値を小さくしすぎると、受信感度が急激に下がり受信不可能になる。したがって、ドライブ回路の設計としては、まず受信可能な下限のL値を決定し、あとは可能な限りコイル電流を大きくとれるドライブ方式を検討した。

従来の回路では抵抗Rを介してコイルに電流を供給しており、抵抗Rの値を小さくすることでコイルに大きな電流を流すことができる。しかしドライブを行うトランジスタT<sub>r</sub>のON・OFFにかかわらず抵抗Rには常に電流が流れるため、抵抗の発熱が非常に大きくなり大電流のドライブには向かない。一方、給電型アンテナでは大きな電流を流す必要があるため、図11下図に示すように、PNPトランジスタT<sub>r1</sub>とNPNトランジスタT<sub>r2</sub>を直列に接続したトータムポール出力回路を採用した。この回路ではPNPトランジスタT<sub>r1</sub>がONしているときはNPNトランジスタT<sub>r2</sub>がOFFしており、電源よりLCの共振回路に電流を供給する。逆にPNPトランジスタT<sub>r1</sub>がOFFのときはNPNトランジスタ

$T_{r2}$ がONし、LC共振回路から電流を引き抜く構成になっている。このトータムポール回路にすることで比較的サイズの小さいトランジスタで大電流回路が構成できた。

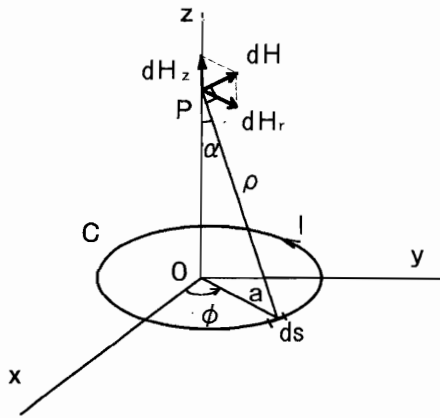


図10 円形回路の作る磁界

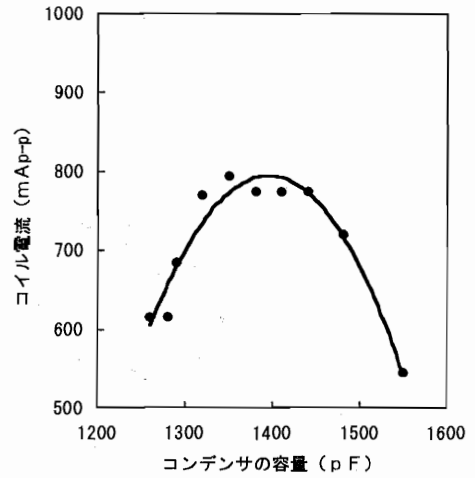


図12 アンテナコイルの共振特性

5. 動作特性

今回開発した給電型IDシステムの性能を評価するため、動作特性を調べた。

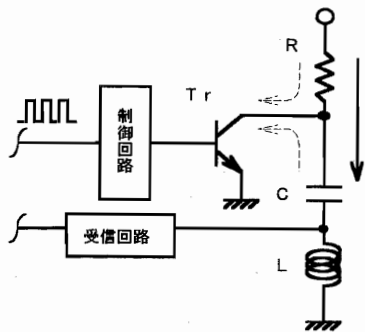
5.1 通信エリア

図13、図14に、 $T_{21}$ と $T_{22}$ の通信エリアを示す。これはアンテナとタグのコイル中心を同一平面上に置いたときの最大通信距離である。この特性図から分かるように左右方向に広がっており、アンテナとタグの中心軸がずれた場合でも通信距離に対する影響が小さいため、アンテナ、タグの設置が容易である。

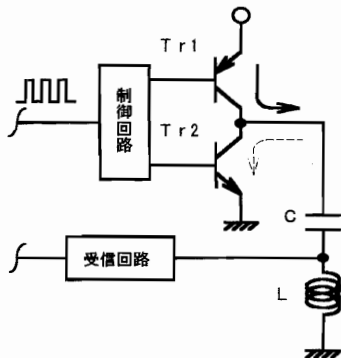
また、従来機種の通信エリアの模式図を図15に示す。従来機種の場合、ヌル領域と呼ばれる通信不可能な領域があり、タグが移動しながら通信を行うときにこの領域を通過すると、通信エラーを生じることがある。このことを考慮して、従来機種では移動時の通信距離を、 $Y_1 \sim Y_2$ としている。一方、今回開発した給電型IDシステムの場合は、図13、図14のように、通信エリアの形状にヌル領域がないことから、タグが移動しながら通信を行うときにおいても通信距離を広くとることができる。

5.2 移動速度

図16、図17にそれぞれ $T_{21}$ と $T_{22}$ の移動速度を示す。これはタグ移動中に、自動読み出し (AR) コマンド、および自動書き込み (AW) コマンドによる通信を行ったときの通信可能な速度を表している。自動読み出し/自動書き込みコマンドについては、詳細を<sup>(1)</sup>過去のIDEC REVIEWの中で記述済みであるが、アンテナからタグに対して信号を常に発信し続け、タグからレスポンスが返ってきて初めてデータ送信を開始するコ



従来のアンテナの回路



給電型アンテナの回路

図11 ドライブ回路のブロック図

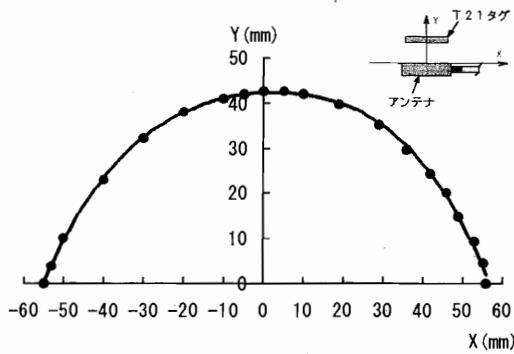


図13 通信エリア (T21)

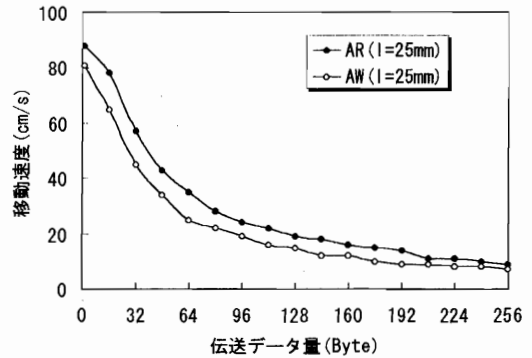


図16 T21移動速度

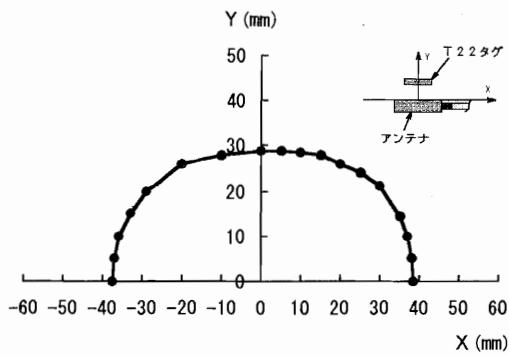


図14 通信エリア (T22)

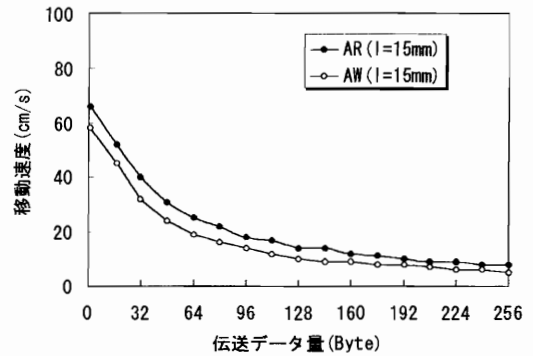


図17 T22移動速度

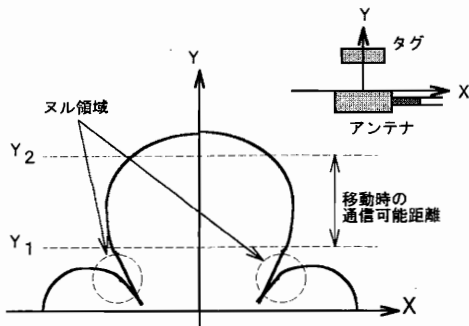


図15 従来機種の通信エリア

マンドである。このコマンドを用いることにより、光電スイッチ等のセンサーを使用して位置確認する必要がなく移動中のタグとデータ通信を行うことが可能である。

AWコマンド実行時は、一度書き込んだデータをすぐに読み出して照合を行うため通信時間が長くなり、ARコマンド実行時に比べて移動速度が遅くなる。また、T21はT22に比べ通信エリアが広い（図13、図14参照）移動速度が速くなる。

### 5.3 金属の影響

給電型タグを金属に取り付けた場合、タグが受け取る電力が大幅に減少し通信距離が極端に短くなる。これは金属に発生する渦電流損によりタグのコイルを貫通する磁束が減少するためである。金属にアルミ板を用いて通信距離に及ぼす影響を測定した結果を図18に示す。タグを非金属に取り付けた場合の通信距離を100%とすると、タグをアルミ板に密着取り付けした場合の通信距離はT21が約24%、T22が約35%であり、アルミ板から10mm離して取り付けした場合の通信距離はT21が約75%、T22が約81%となり、タグと金属が接近するほど影響が大きくなる。T22の方がT21に比べて、タグのコイルから金属板までの距離が離れているため金属の影響は小さくなっている。

つぎに、取り付け金属の影響をなくす検討として、T21タグの取り付け面側を磁性材料で磁気シールドし、金属に漏れる磁束を減少させる実験を行った。その結果、アモルファスで磁気シールドした場合、タグをアルミ板に密着して取り付けても通信距離は78.6%と良好な結果が得られた。また、パーマロイの場合は67.4%であった。パーマロイに比べてアモルファスの方がより良い結果が得られているのは、アンテナのキャリア周波数である

500kHzでの透磁率がアモルファスの方がパーマロイよりも高いためである。この実験から、タグの取り付け面側を磁性材料で磁気シールドすることで、取り付け金属の影響をかなり抑えられることが分かった。現在さらに今後の商品化に向け、磁性材料の材質、形状、コスト等について検討中である。

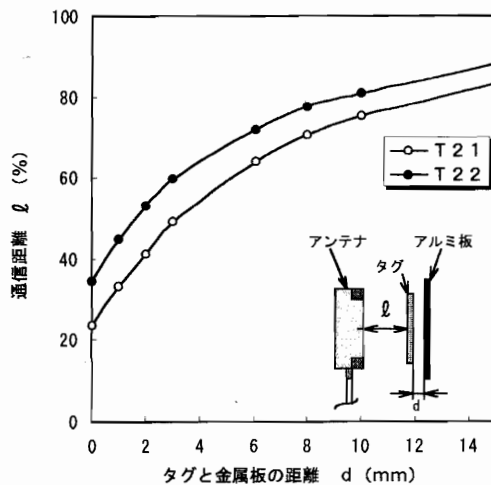


図18 金属板の影響

## 6. 主な仕様

表2に給電型IDシステムの主な仕様を示す。

表2 主な仕様

●IDコントローラ	
型番	FP1A-C21
電源	DC24V±10%
使用周囲温度	0°C~+50°C
取付方法	壁掛け取付(直接取付)、35mm幅DINレール取付可
外形寸法	140(W)×80(D)×98(H)mm
●アンテナ	
型番	FP1A-A31/A32
電源	DC24V(IDコントローラより供給)
使用周囲温度	-20°C~+70°C
保護構造	IP67(IEC規格)
ケーブル長	(A31) 10m (A32) 10m(延長ケーブル使用で最大100m)
外形寸法	100(W)×60(D)×25(H)mm
●タグ	
型番	FP1A-T21/T22
メモリ容量	512バイト(ユーザエリア480バイト)
電源	アンテナより非接触で供給(電池レス)
使用周囲温度	-20°C~+70°C
保護構造	IP67(IEC規格)
外形寸法	(T21) 85.7(W)×54(D)×6(H)mm (T22) 40(W)×40(D)×8.5(H)mm
●RF通信部	
通信距離	(T21) 0~25mm:静止通信時(対A31) 0~20mm:静止通信時 (対A32延長ケーブル100m接続) (T22) 0~15mm:静止通信時(対A31) 0~12mm:静止通信時 (対A32延長ケーブル100m接続)
RF通信時間	(読み出し) 16B:130ms、256B:945ms (書き込み) 16B:156ms、256B:1343ms

## 7. 今後の課題

IDシステムに要求される性能としては、タグの小型化・薄型化、タグの長寿命化、通信距離の長距離化、通信速度の高速化、低価格化、耐環境性の向上等があげられる。今後さらなる小型化・薄型化のためにはタグの電子部品の削減、構造の検討が、また通信距離の長距離化のためにはタグの低消費電力化と電力伝送効率の一層のアップが必要となる。そして通信速度の高速化のためにはキャリア周波数の高周波化、あるいは、通信方式の再検討が必要である。

## 8. おわりに

今回、当社初の非接触電力伝送技術を確認し、給電型IDシステムの開発を行った。タグの電池レス化により、タグの小型化・薄型化はもとより、タグの長寿命化が実現できた。これにより自動車など大型機器の組立ライン以外に、家電の生産ラインのように、タクトタイムが短く、一日あたりのアクセス回数が非常に多いアプリケーションの要望にも十分応えられるものと確信している。

最後に、本開発にあたり、御指導、御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) 森澤 孝光、田近 雄彦 : データキャリアシステム、IDEC REVIEW 1992
- (2) 林 重憲 : 電気磁気学2、オーム社