

IC タグと医療環境 1

ワイヤレス情報通信としての IC タグ

保坂良資 (湘南工科大学)

IC タグの原理と分類

IC タグのシステムは、タグとその情報を読み取るためのリーダで構成される。タグには、情報の書き換えができない「読み取り専用タグ (Read Only Tag)」と、情報の書き換えができる「書き換え可能タグ (ReWritable Tag)」の2種類がある。後者用のリーダでは、情報の書き込みもでき、リーダ/ライタと呼ばれている。タグとリーダの間は無線的に接続されている。まずリーダから「問い合わせ」の信号が発せられる。タグがこの信号を受信した場合には、タグの固有情報などを返信する。その情報がリーダもしくはその上位のシステムで確認されることで、そのタグが添付された物品などの認証が完了する。IC タグの無線通信方式は、多くの場合、電磁誘導式か電波式に分けることができる。前者はタグとリーダのアンテナがループアンテナで構成されており、両者が近接した際に、磁束を共有することで情報を授受している。後者では、一般的な無線通信と同様に、タグが信号を発することでリーダとの間で情報の授受が行われている。

IC タグと同じ原理の無線通信は、ビーコン・システムとして以前より用いられてきた。このシステムは、高精度の GPS が普及するまで、航空機などの電子航法に多用されていた。つまり、航空管制などで利用されてきたビーコン・システムと Suica などに応用されている IC タグは、とても近い関係であるといつてよい。

一方 IC タグは、内部のバッテリーの有無により、次の2種類に大別される。

- (a) アクティブ式
- (b) パッシブ式

アクティブ式タグはバッテリーを内蔵しており、パッシブ式タグはバッテリーを内蔵していない。前者ではタグからの返信の際に、このバッテリーの電気エネルギーを利用する。後者はバッテリーを内蔵しないため、バッテリーレス・タグと呼ばれることもある。パッシブ式タ

グでは、リーダからの問い合わせ信号自体の電気的なエネルギーをキャパシタに導くことで、それに基づいた一度限りの返信を可能としている (図-1)。ここで蓄えられる電気エネルギーは微量であるため、パッシブ式タグでは大きな出力を得られない。このため多くの場合、我が国の法の下では「微弱電波無線装置」の枠組みに含まれている。一方アクティブ式タグでは、返信用の電気エネルギーをバッテリーとして内蔵しているため、必要十分な出力を得ることができる。こちらは「特定小電力無線装置」に含まれることが多く、大きめの通信距離が得られる。

認証距離が大きければ、遠方にあるタグも認証でき、逆にこれが小さいと、限られた範囲に置かれたタグのみが認証対象となる。ただしこの認証距離は、電気エネルギーの量以外にもタグの電子回路の構成やアンテナの性能などにも依存するため、一概には規定できない。一般的にパッシブ式タグでは、最大で2m程度である。これに対してアクティブ式タグでは、返信の際にバッテリーの容量に依存した大きなエネルギーを利用できるため、10m程度の認証距離は簡単に得られる。一般的には、アクティブ式タグはバッテリーの容積が比較的大きく小型化が困難と言われている。しかし最近では、小型のバッテリーによる小型のアクティブ式タグも存在する。一方、パッシブ式タグはバッテリーを内蔵しないため、一般的に小型化が容易と考えられている。

IC タグと電磁波

IC タグのシステムでは、無線通信すなわち電磁波により、認証を実施している。ところが電磁波は不可視であり、十分な配慮をせずにこれを医療環境に投入すると新たな過誤の要因ともなる。一方で IC タグを用いれば、人手を介さない認証も可能であり、これを上手に医療現場に投入すれば、「医療過誤」や「医療事故」の抑止を図ることができる。これを実現するには、IC タグシステ

ムの無線通信としての側面について配慮する必要がある。たとえば、以下の各点がその代表例となる。これらについて十分な配慮がなされ、システムが適切に設計されれば、医療現場のリスクマネジメントに有効なシステムが構築されよう。

- 周波数特性
- 認証範囲
- 対金属特性
- 方向性
- 複数個同時認証
- 実効出力と安全基準

■ 周波数特性

周波数特性は、電磁波の特性の中でも最も大きな影響力を持つといっても過言ではない。たとえば周波数が高いほど電磁波の性質は光に近くなり、逆に周波数が低いと音に近くなる。したがって、125/135kHzの長波帯のように周波数が低い電磁波は、障害物があってもそれを回り込むようにして進行する。逆に、GHz帯のように周波数が高いと障害物に遮られた際に信号がそれよりも遠方まで届くことが困難となる(図-2)。また、周波数が変わるとそれに伴って、アンテナの効率すなわち利得も大きく影響される。一般的には波長λに対して3/8λや5/8λの長さをアンテナの実効長として用いることが多い。したがって、低周波数の電磁波アンテナは必然的に大きくなり、周波数の高い電磁波では効率の良い小型アンテナが実現できる。たとえば、日立製作所が開発したμチップは2.45GHzという周波数を利用するため、λは120mm程度でありタグの小型化が実現した。このため、小型化の観点からは、周波数は高いほど有利であると考えられる。

無線通信は、専用の伝送線路を利用せずに、空間を伝搬している。このため場合によっては、よく似た性質の電磁波同士が衝突することもある。このような場合には、受信障害などの問題が発生する。このような現象を「コンフリクト」と呼ぶ。たとえば、前述のμチップで利用

されている2.45GHz帯は利便性が高いため、ワイヤレスマウスや無線LANなどでも多用されている。さらには、「電子レンジ」までもがこの周波数帯域を使用している。たとえば病棟の深夜勤務で、ICタグ・カウンタなどの機器と電子レンジが同時に利用されると、一時的に認証システムが誤動作する可能性がある。たとえば錠剤やカプセルなどの認証中にこれが生じると、思わぬ事故が生じる可能性も生じる。このようなことは、他の周波数帯域でも生じる。たとえば米国は、800/900MHz帯のICタグの開発を強く推進している。一方で430MHz帯にはアマチュア無線が配されている。「アマチュア無線」では自作の送信機による出自派の発信も認められている。それらの装置に経年変化などにより、製作者にも予期できない故障が発生した場合、対象周波数帯域やその倍(通称「ていばい」と呼ぶ)の周波数帯域に、影響が生じる。430MHz帯の倍の周波数は800/900MHz帯であり、そのような可能性についての議論の余地も残されている。

■ 認証範囲

無線通信では、電磁波の伝搬に公共空間を利用する。このため、有線通信が「非公開通信」であるのに対して、無線通信は「公開通信」である。もしもその信号を読み取られたくないのなら、発する以前に何らかの防護策を講じることが不可欠である。このため守秘という観点からは、ICタグの認証範囲は必要十分な大きさに限られるべきである。遠方の対象まで一括認証できるというのは、利便性が高いと考えられる。しかし実際には、予期せぬ対象まで誤って認証してしまうという危険性を包含することになる。たとえば、病棟のベッドマットレスの直下にICタグのリーダアンテナを設置した患者認証システムでは、その範囲がいたずらに拡大した場合には、隣のベッドに横たわる患者まで誤って認証してしまう可能性も有している。これでは、患者の取り違えを促進してしまうことになる。この場合に必要とされる認証距離は、一般的には50cm程度でよい。これを超えない範囲で認証ができればよく、そのようにリーダの出力やアン

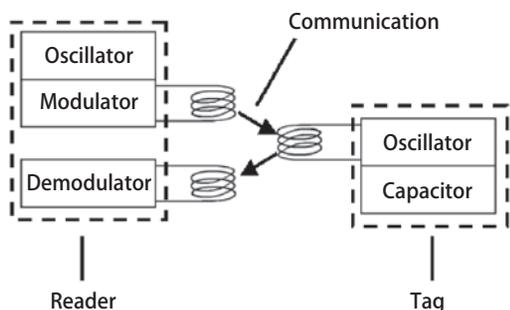


図-1 パッシブ式ICタグの原理

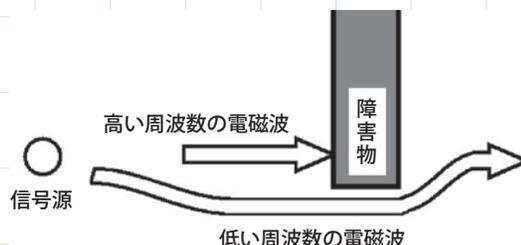


図-2 周波数特性の影響

テナの利得を調整すればよい。あるいは、アンテナの指向性を調整して、隣のベッドを認証範囲から外してもよい。たとえばホイップアンテナでは、その指向性はアンテナの全周囲にわたって均一となる。これに対して、テレビの受信などに用いられる八木アンテナでは、鋭い指向性を得ることができる。目的に応じてリーダアンテナの指向性特性を調整することも必要である(図-3)。

一方、限られた部署への人の出入りを監視するシステムなどの場合には、事情が異なる。リーダアンテナをドアの上部などに設置すると、そこを通り抜けようとする対象者が携帯するタグまでの距離を、認証範囲でカバーできなければならない。これでは入退出管理が実現できない。この距離は、各施設の構造などに依存し一概には規定できないが、タグが胸ポケットの周辺にあると考え、リーダアンテナがドア上部に設置されているとすれば、1.5m程度が求められる。タグがスラックスのポケットに入っていた場合には、2m程度が必要となる。また床面にもリーダアンテナを設置しておけば、1.5m程度

の認証範囲でも、どちらかのリーダアンテナでカバーできる。この場合には、先のベッド上の認証システムとは異なり、より広い認証範囲の実現が必要となる(図-4)。

■対金属特性

ICタグには、特有の短所も存在している。その代表例が、対金属特性である。具体的には、一般的なICタグを金属に貼付すると、そのタグは認証されない。これは、タグからの返信時に金属表面に逆向きうず電流が生じ、これがタグの返信用電磁波をうち消してしまうために生じる。タグの出力が十分に大きければ、逆向きうず電流が発生しても問題は生じない。しかし、パッシブ式タグにあっては微弱なエネルギーで返信するため、電磁波の打ち消しが問題となる。この対策としては、タグと金属との間に適切な間隙を用意して逆向きうず電流の影響を回避する方法や、特殊な磁性材料シートを貼付して逆向きうず電流の影響を緩和する方法などが提案されている。Sokymat社のグラスタグなどでは、前者の方法

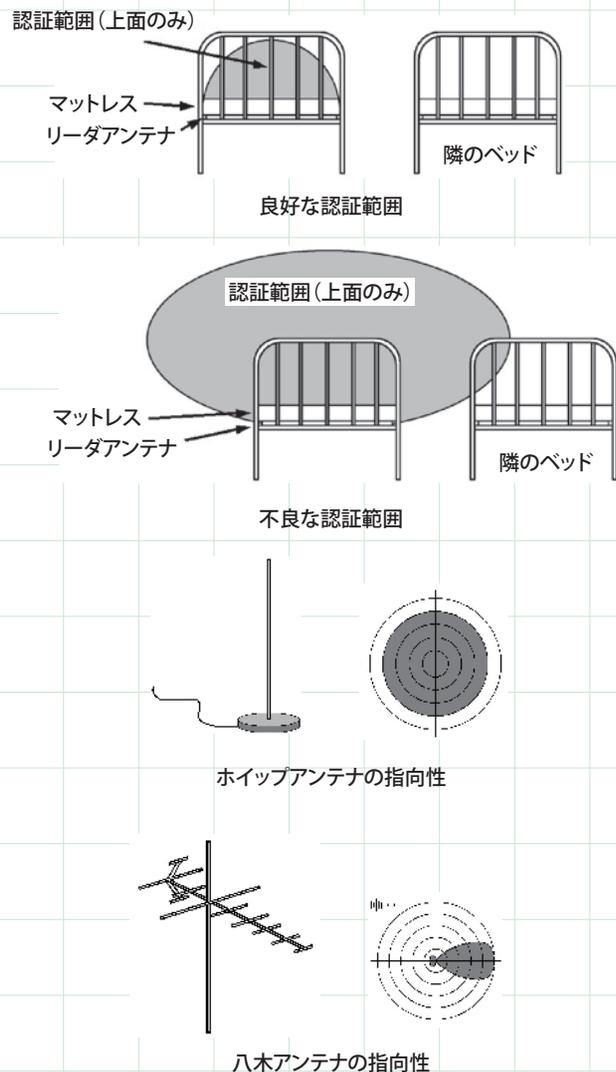


図-3 認証範囲とアンテナの指向性

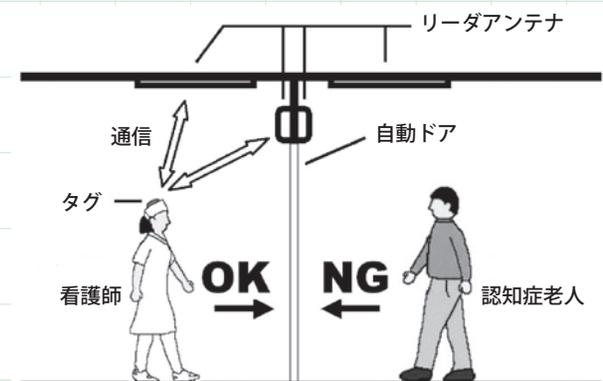


図-4 自動認証システム

により、通信を可能としている(図-5)。

医療環境には、多くの金属が存在している。たとえば、手術や外科的療法で不可欠な鋼製小物などが、その代表例である。これらの金属の手術後の体内留置を根絶するには、完全な個数管理が必要になる。それには、IC タグの応用が最適であり、金属に対応したタグの実現が必須となる。最近ではセラミックを筐体とした、金属対応型タグも提案されている。

■ 方向性

タグはアンテナを内蔵しているため、その方向性についても留意する必要がある。ある方向性で良好な認証距離が実現されても、そのタグを90度回転させると、まったく認証されなくなる。一般的には多くのタグが存在した場合、その方向性が保証されると考えられがちである。しかし実際にはそのようなことは少なく、ほとんどのタグは個別の角度で存在している。中には、リーダアンテナと直行する角度で存在するものもあり、これらに対する配慮も必要となる。たとえば、手術室のガーゼが認証対象となった場合、使用後のガーゼを手術室内できれいに伸ばすことなどは、不可能である。そのような場合に、タグやタグ・アンテナの方向性はまったく保証されない。これについては、X軸、Y軸、Z軸に対して各一對のリーダアンテナを用意し、それぞれのリーダアンテナの特性をベクトル的に合成することで、すべての角度特性を保証する方式が提案されている(図-6)。

■ 複数個同時認証

複数個のタグの同時認証は、困難な場合がある。このときに生じるのは「コリジョン」と呼ばれる現象である。すなわち基本的に、ICタグは1つ1つ認証されるものであり、同時に多数が認証範囲内に置かれると混乱が生じる。このような状況で認証を可能とするには「アンチ・コリジョン」リーダを利用すればよい。一般的には、一種の走査を行うことで、複数個のタグを認証している。たとえば輸血パックなどにやむを得ず複数個のタグが貼付されてしまった場合には、このアンチ・コリジョン対応のリーダを使用しなければならない。

■ 実効出力と安全基準

無線機器の実効出力に関連深いのは、「最終段出力」と「空中線出力」である。特に後者は実際にアンテナから放出される出力である。近年、公共空間での無線通信機器の安全性の議論が高まっているが、生体や他の機器に与える電磁的な影響を考慮するには、後者の「空中線出力」について議論されるべきである。たとえば、空中線の指向性を高めてQを鮮鋭化すれば、局所的な電界強度を倍加することなど容易である。

2003年、2004年と、総務省から携帯電話機とICタグ関連機器の電磁的安全性についてのガイドラインが提示された(図-7)。2003年に公表された携帯電話機に関するガイドラインでは、「携帯電話機は埋め込み型ペースメーカーの22cm以内に置いてはならない」と記されている。2004年に公表されたICタグ関連機器に関する

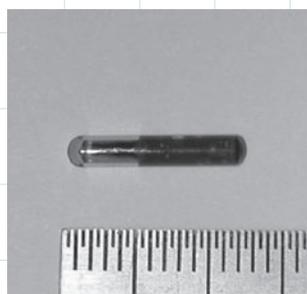


図-5 グラスタグの一例

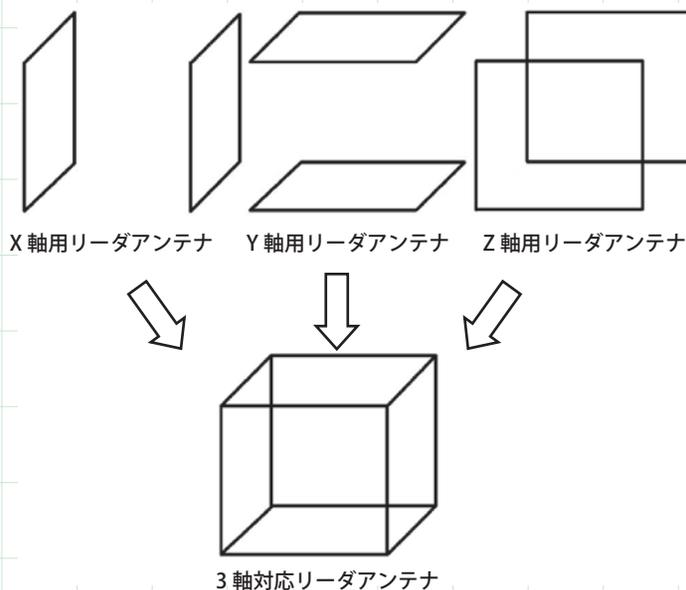


図-6 3軸アンテナシステムの一部

●ICタグの出力に対する誤った啓蒙

- ・総務省のICタグに対するガイドライン（2004年6月）

電子タグリーダは埋め込み型心臓ペースメーカーの直近の体表から **22cm 以上** 離すこと

- ・携帯電話機に対する同様のガイドライン（2003年6月）

携帯電話機は埋め込み型心臓ペースメーカーの直近の体表から **22cm 以上** 離すこと

- ・携帯電話機の出力は**数 W**，小型電子タグリーダの出力は**数 mW**・・・
- ・出力値が **1000 倍**であっても危険率は同等・・・

現実的な安全基準の早急な策定が不可欠

図-7 総務省のガイドラインについて

ガイドラインでは、「ICタグ関連機器は埋め込み型ペースメーカーの22cm以内に置いてはならない」とされている。しかし、ここで問題とされた携帯電話機は数Wの出力を有するものである。一方で、患者認証などに利用されるパッシブ式タグの実効出力は1mWにも達しない。「携帯電話機とパッシブ式ICタグが等しく危険」であるということは、「三輪車とダンプトラックが等しく危険」ということと同等である。就寝中の患者の片手に着用されたICタグ組み込みリストバンドが、たまたま埋め込み型心臓ペースメーカーの直上に位置することなど日常茶飯事である。したがって、このようなガイドラインが提示されたのでは、ほとんどの医療環境でICタグは利用できない。誤った啓蒙情報は早急に改められるべきであり、現実的な医用ICタグの安全基準の策定が切望されている。

まとめ

ICタグは、本質的に医療過誤や事故の抑止に有効である。しかしその一方で、無線的結合による情報授受という特性も有している。電磁波は不可視であり、相応の理解度の下で運用されなければ、予測し得ない事象が生じることもある。ICタグのすべての特性を活用できるためにも、ワイヤレス情報通信としての側面とその特殊性について理解を深めるべきであると考え。

(平成19年1月17日受付)

保坂 良資 (正会員)

hosaka@info.shonan-it.ac.jp

1984年工学博士。同年より1985年まで東京電機大学工学部助手。その後、防衛医科大学校放射線医学講座助手を経て、1993年より湘南工科大学工学部助教授。生体医工学の研究に従事。日本人間工学会などの評議員。