

expected. In an accident at Yokohama City University Hospital, a file containing individual information about the patient was placed near the patient. The body of the patient bore traces of past treatment inherent to the disease. The accident occurred because all such information was overlooked. Thus, it seems necessary to support the work of medical professionals by using a system that automatically identifies patients, medicines and related medical articles.

Some hospitals have introduced a bar code system for patient identification. In such a system, a reader is moved close to the bar code on the wristband type nametag of the patient, and reading the bar code identifies the patient. It may seem that patient safety is improved and nurse workloads are reduced in this way, but it should be noted that new procedure requiring that a special equipment which has not previously existed at the nursing site must be operated. It is sensible that the patient is identified by the information system, but there remains considerable room for improvement.

In the brief of the author that in the introduction of information equipment into this area, it is not enough to realize functional requirements: there should also be an effort to reduce human error. An example is the hands-free approach, that is, if reducing human intervention, accidents, supports a nursing procedure due to human error may be prevented. A present, information technology is finding wider applications in handling medicines and medical articles. If such a system is realized, it will be easy to identify patients and medical articles in daily procedure, which will contribute to improvement of the patient safety assurance.

III. PROBLEMS IN MEDICAL USE RFID

RFID is effective system to maintain the safety level of medical environment. RFID tag is small in size in generally. Hands-free operation and automatic identification are possible in the medical use RFID system. However, there are also following several problems to apply the system to medical environment²⁾.

- (a) *Characteristic for metal articles*
- (b) *Suitable frequency band*
- (c) *Method for identification*
- (d) *Suitable coverage area*
- (e) *Running cost*

(a). Characteristic for Metal Articles

Most of RFID Tag cannot be identified to attach the metal articles. Therefore, small metal articles like as mosquito and some forceps cannot be identified. Anti metal tag is also provided. However, the communication distance is small in the anti metal tag. The communication distance is evaluated by an experiment. In the experiment, five tags are

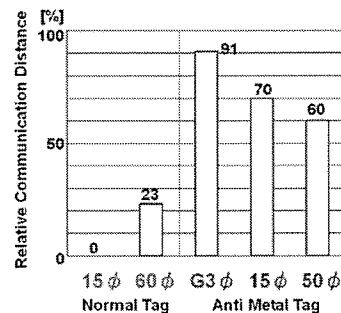


Fig.2 Performance of anti metal tag

evaluated. Two types are normal tag. Their diameters are 20mm and 60mm. Three types are anti metal tags. Their diameter is 3mm, 15mm and 50mm. In the first step of the experiment, communication distance is measured for each tag. In the second step, steel disk was attached to each tag. The steel disk is 100mm in diameter and 10mm in thickness. After the treatment, communication distance is measured. Result of the experiment is shown in Fig. 2. In the figure, horizontal axis shows type of tags. Vertical axis shows communication distance. The distance of each tag is normalized by result of first step experiment. In the figure, it is distinct that the communication distance is reduced to attach the steel disk to the tags. Especially, in the case of 20mm normal tag, communication and identification is impossible. On the other hand, 3mm anti metal tag keeps 91 percent of communication distance. However, the absolute value of each communication distance is small. Improvement of the distance for anti metal tags is indispensable. The absolute distance can be extended by improvement of tag circuit. Especially, tuning of Q in resonance circuit (tank circuit) is effective. By the improvement, some of metal articles will be identified. The safety level rises by using the improved anti metal tag.

(b). Suitable Frequency Band

Some frequency bands are provided for RFID system. There are 125/135 kHz band, 13.56MHz band, 433MHz band, 800/900 MHz band and 2.45GHz band. These bands are managed under the law in each country. The frequency map for Europe, Japan and US is shown in Fig. 3. Most of frequency band are similarly in three areas. However, in 800/900 MHz band, situations are not same. In Europe and Japan, this band is not useful for RFID, since most of the band is used for another communications like as mobile phone. Only in US, 800/900 MHz band is useful for RFID. The tag for the frequency band is not used in worldwide. The frequency convert is indispensable, if the tag used at outside of the area. For example, a tag which is attached to medical article in US, is not identified in Europe and Japan.

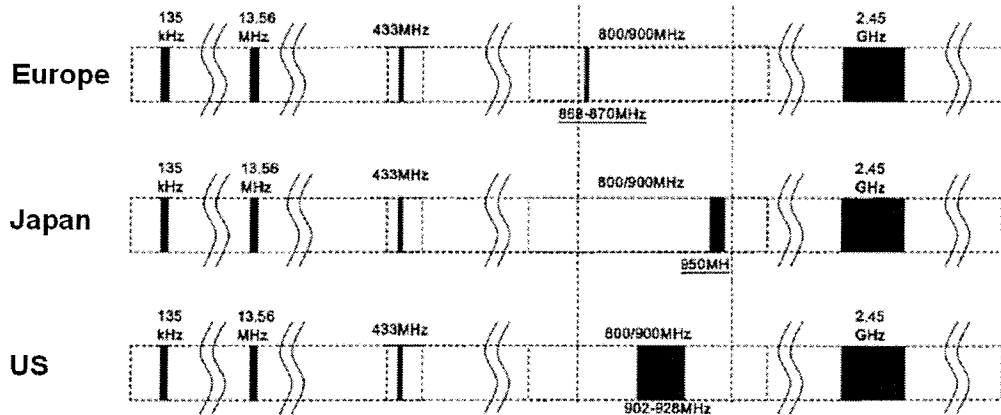


Fig.3 Frequency map for RFID

For realization of effective medical use RFID tag, the band has to be united in the world.

Another frequency bands also have some problems. For example, 13.56MHz band is SW band. The ionosphere effects SW band communication. Amateur communication band is also located 433 MHz band. The equipments may affect RFID communication, since the equipments may construct by hand made. 2.45 GHz band is also used by microwave oven and several wireless systems for PC. Their signals may affect RFID communication. On the other hand, 125/135 kHz band is allocated only to marine wireless communications and other limited uses, adverse effects or incorrect operation due to electromagnetic noise can be largely avoided using the frequency band.

(c). Method for Identification

Bar code cannot be identified automatically, since the code is printed matter. Bar code reader has to be close to the object to read the code. However, In the RFID, identification information is sent by wireless communications. Hands-free automatic identification can be carried out, if the reader antenna is located suitable position. Automatic identification of the tag is effective, since human error is removed. However, manual identification like a treatment with intentionally confirmation is also effective. For example, it is considered that the manual check of procedure in providing of medicine is indispensable. When a nurse is engaged in treatment such as administering medicine in the ward, the carried articles are placed near the antenna of the bed side RFID reader, and the reader is operated, for example by pressing a foot switch located under the bed. The reader compares the RFID tag on the wristband of the patient and the tag information of the medicine in the identification range. If a tag that does not satisfy the dependency relation is found, an alarm signal is emitted.

(d). Suitable Coverage Area

Coverage areas of the RFID reader have to maintain the suitable level in each application. Its characteristic depends on reader output power and design of antenna. In generally, the reader of high output power has broad coverage. Broad coverage area is also realized by using effective reader antenna.

In a small coverage RFID reader, an object that is located far from the reader is not identified. However, misidentification of some unrelated objects is prevented using small coverage reader, since the identification area is narrow. Its communication distance is also limited approx. 100 mm. This type characteristic is suitable for manual identification for RFID tag. In the type of antenna, misidentification can be prevented. On the other hand, large coverage reader is

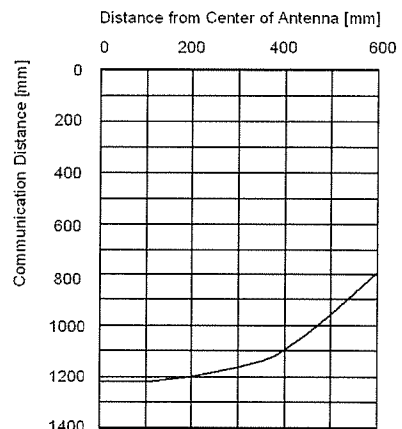


Fig.4 Characteristic of large coverage RFID reader antenna

also necessary. Especially, in the case of hands free and automatic operation, the system is required long-range characteristic. Using broad coverage reader can solve it. An example of antenna characteristic for broad coverage reader is shown in Fig. 4. The antenna is designed for automatic patient identification in surgical room. This antenna is set around the surgical light. The distance between antenna and patient is over 800 mm. In the figure, communication distance is maintained over 1200 mm in the center of the antenna. The patient on a surgical table can be identified using the system. This type of antenna is suitable in the situation. However, it is necessary to notice misidentification of unrelated objects.

(e). Running Cost

Bar code is printed matter. Therefore, it can be printed by ordinary PC printer. It is generally considered that RFID tag is more expensive than other information medium such as the bar code. However, the cost of RFID tags is reducing in present. For example, cost of myu chip for 2.45 GHz is approx. 5 US cent. Another tag for 13.56 MHz is approx. 1 US \$. On the other hand, it is supposed that an inpatient consume approx. 20 tags related medicine (tablets and capsules) and some types medical articles in every day. In the same way, each outpatients also consume approx. 5 tags in every day. Total amount of consumed tags are calculated approx. 31,000 in one large sized hospital in every day. In Japan, it is considered that the 30,000,000 tags are consumed in domestic all medical facilities in every day. Its amount is calculated 11,000,000,000 per year. It is enough amount to reduce its cost. For example, total publication of each major newspaper in Japan is 10,000,000 in daily. Author supposes final cost of tags are fixed less than 1 US cent for myu chip and 20 – 50 US cent for another tags. It is not expensive to maintain the safety of the patient.

IV. DISCUSSION

Anti metal tag is useful for application in medical environment. Small communication distance of the tag can be improved by suitable design of Q in the tag circuit. 125kHz band and 2.4GHz band are recommended for medical environment. In 125kHz band, confliction between another wireless communications can be reduced, since small number of communications is located in the band. The tag circuit can be made small in size to choice the 2.4GHz band. In Japan,

0.4mm sized tag is realized. The tag can be included in each tablets or capsules. Automatically identification is recommended in most of medical environment. Supervisor in each environment should manage manual identification of the tag. Small and large coverage area RFID system is able to realize. However, suitable system has to be used in suitable purpose. The cost of tag can be reduced, if large number of tag is used. In Japan, over 10^7 tablets or capsules are consumed in every day.

V. CONCLUSIONS

If the medical use RFID system is realized, matching between patients and medical articles will be automatically checked regardless of proficiency or number of nurses. The increase in workload which is inevitable in the application of the system is expected to be relatively small. From such a viewpoint, the medical use RFID system is an effective means in the present situation, where no essential improvement such as substantial increase in nurse staffing is likely. Most of RFID tags are small size and weight, and will not disturb the daily life of the patient, even if it is attached to the wristband or some other part of the body.

However, it is necessary to discuss the principal factors of RFID as wireless communication medium. Without the discussion, medical use RFID system cannot be effective safety management system.

REFERENCES

1. Hosaka, R. (2004): Feasibility study of convenient automatic identification system of medical articles using LF band RFID in hospital, *Systems and Computers in Japan*, 35, No.10, pp. 74-82
2. Hosaka, R. (2004): Study for suitable specification of electronics tag for bed side medicine, *Annual Symposium for Medical and Biological Engineering 2004*, pp. 3-5 (in Japanese)

Address of the corresponding author:

Author: Ryosuke HOSAKA
 Institute: Shonan Institute of Technology
 Street: 1-1-25 Tsujido-Nishikaigan
 City: Fujisawa, Kanagawa 251-8511
 Country: Japan
 Email: hosaka_lab@hotmail.com

医療現場を想定した高効率金属対応型 RFID タグの研究

保坂良資 湘南工科大学工学部助教授

1 はじめに

RFID タグ（以下 IC タグと略す）は、バーコードに代わる新たな認証メディアである。バーコードが印刷物であったのに対して、IC タグは認証に電磁波を用いており、ワイヤレスでこれを行う。このため、バーコードでは困難とされていた自動的な認証も可能である。一方、医療過誤は漸増しており、これによって失われる人命は後を絶たない。その半数ほどは、手術などに関連した医療スタッフの手技に起因するものである。しかし残りの半数は、ヒトやモノの誤った認証によって生じている。たとえば、患者の取り違えや、手術後の器具類の体内留置などがその代表例といえよう。これらの誤認証に起因する過誤は、応用現場に適した認証メディアと、的確な運用方法が規定されれば抑止できる。すなわち、IC タグを医療現場に投入すれば、そこで生じている過誤のほぼ半数は根絶できる。しかしながら、一般的な IC タグは、「金属の直近では認証されない」という基本的な特性を有している。一方で医療環境に目を転じると、鉗子類やメス、ピンセットなどの「鋼製小物」と呼ばれる処置器具類を初めとして、極めて多数の金属類が点在している。変わった例としては、成分輸血用の「赤血球パック」ですら、それに近い特性を有する。すなわち、赤血球の主成分はヘモグロビンであり、このヘモグロビンは鉄分に対して親和的な特性を有している。したがって、これらに対する IC タグの応用適性を正確に評価しなければ、同タグの医療現場での応用適性は解析できない。また、現実的な問題としては、金属に対する IC タグの親和性を向上させる必要がある。本研究では、新たな磁性材料を IC タグに添付することによる、対金属特性の向上を試みた。その結果、必要十分な特性の向上が認められた。

2 IC タグと金属

IC タグやリーダの直近に金属が置かれると、両者間の情報通信が途絶する。これにより認証が阻害される。これにはいくつかの物理的な因子が影響を及ぼしている。その中でも、とくに渦電流の影響が大と考えられている。図1に渦電流の生成過程について示す。すなわち、認証の際の交流磁束により、金属内にこれを阻止する方向の逆向き渦電流が生じる。一般的な無線機器のように、相当程度の出力が保証できれば問題は小さいが、IC タグのように、微弱な出力の無線機器にとっては、大きな障害となる。これについては、タグ本体と金属との間に相当程度の間隙を用意することで対処されている。図2に、この方式による金属対応タグの一例を示す。これは、ソキマツ社のグラスタグである。しかしながらこの方式では、超小型のタグの実現が難しい。図2に示した程度の小型化には対応できるが、厚さ方向の距離を確保しなければならないため、さらなる小型化が困難である。

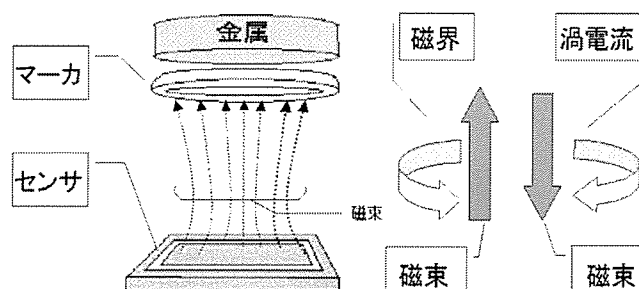


図1 渦電流の生成過程

一方、金属側の特性についても解析した。金属の中でも、鉄などに代表される強磁性体がある。電気材料としての鉄は、保磁力や比透磁率が大きく、磁化することができる。これに対してアルミニウムなどは、常磁性体と呼ばれている。こちらは保磁力も比透磁率も非常に小さく、磁化されないという特性を有している。表1に鉄とアルミニウムの特性を示す。両者は全く異なった特性を有しているが、電磁波を受けると、それぞれに変化が生じる。すなわち、吸収損と反射損が生じる。鉄は吸収損がとて高く、反射損もアルミニウムには劣るが高い値を示す。アルミニウムは吸収損がとて低いが反射損が高い値を示す。したがって、両者共にいずれかのパラメータで大きく影響を受けることから、ICタグの認証障害に強く関わると考えることができる。

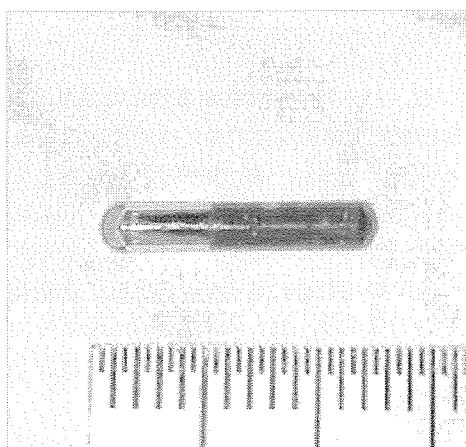


図2 グラスタグ

表1 鉄とアルミニウムの特性

(a) 鉄の特性

飽和磁化 M_s [T]	2.15
保磁力 H_c [A/m]	80
比透磁率 μ_r	500~5000
比抵抗率 ρ [$\Omega\cdot m$]	2.1×10^{-3}
導電率 σ [S/m]	10×10^8
熱伝導率 [W/mk]	84

(b) アルミニウムの特性

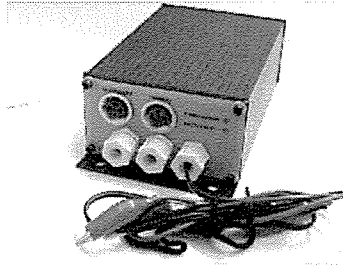
飽和磁化 M_s [T]	0
保磁力 H_c [A/m]	0
比透磁率 μ_r	1
比抵抗率 ρ [$\Omega\cdot m$]	2.66×10^{-8}
導電率 σ [S/m]	40×10^6
熱伝導率 [W/mk]	273

3 磁性体とICタグ

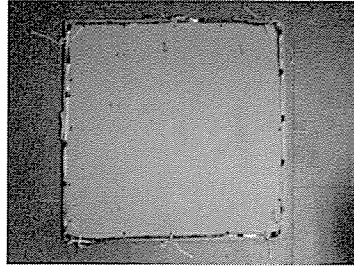
ある種の磁性体をICタグに添付すると、その直近に金属を置いても通信が途絶しないことは、すでに知られている。これは、磁束を磁性体に集中させることで損失を低減させ、結果として通信効率の減少を防止している。しかしこれを効率よく実施するには、その磁性体の透磁率の実部が大であることが求められる。本研究では、TDKで開発された磁性体シートを用いて実験的な検証を行った。同社が提案している磁性体シートは「フレキシシールド」と呼ばれている。表2に同シートの特性を示す。同シートは軟磁性材料に位置づけられ高い磁気収斂効果を有している。これまでのICタグの金属対策ではフェライト系磁性材料が用いられることがあったが、それらよりも、良好な透磁率特性を有している。

表2 フレキシシールドの特性

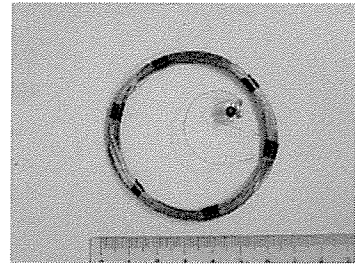
材質名	IRB02	IRL02
使用温度範囲 [°C]	-40~+70	-40~+85
初透磁率 μ [at 10MHz]	7	25
表面抵抗率 [Ω/\square]	1M	1M
熱伝導率 [W/m·k]	1.4	1.4
シート寸法 [mm]	70×70	70×70
シート厚さ [mm]	1	1



(a) リーダ

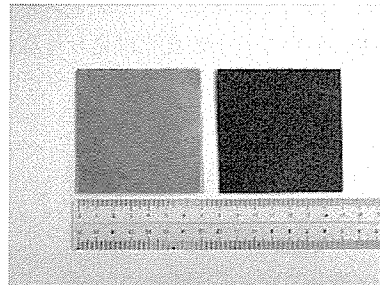


(b) リーダアンテナ



(c) タグ

図3 実験システム



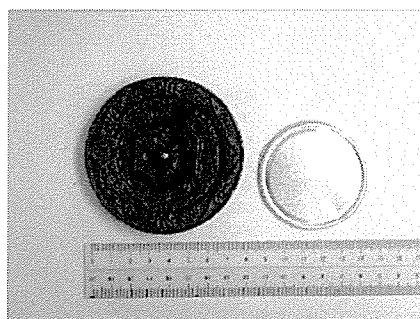
IRL02 (左) と IRB02 (右)

図4 実験に用いた磁性体シート

4 実験

ここでは、試験的に作製した 125kHz 帯用の IC タグにフレキシシールドを添付することで、対金属特性の向上を試みた。図3に実験に用いたタグシステムを示す。同図(a)が、125kHz 帯用のタグリーダーである。(b)が同リーダー用に試作したアンテナである。同図(c)は、これらに対応した試作 IC タグである。ここで行った実験では、ポリイミド銅線を用いた100巻きタグと110巻きタグを用いた。両者は同調特性上、若干の差異を有する。これらのタグに、図4に示す磁性体シートを添付して、金属に対する特性の変化を評価した。なお、タグに添付した金属は図5に示す円盤状の鉄とアルミニウムである。実験系を図6に示す。タグには、同図(a)のように磁性体シートと金属を添付し、リーダーアンテナの直上方から降下させて、認証される高さを求めた。なお、平面的な測定点の位置は、アンテナの中心と外側へ 100mm づつ離れた位置とした。

ここでは、リーダーアンテナの中心、100mm の位置、200mm の位置のそれぞれについて結果を示す。図7がリーダーアンテナ中心での特性である。同図(a)からわかるように、金属を添付すると認証が途絶えている。同図の



鉄 (左) とアルミニウム (右)

図5 実験に用いた金属

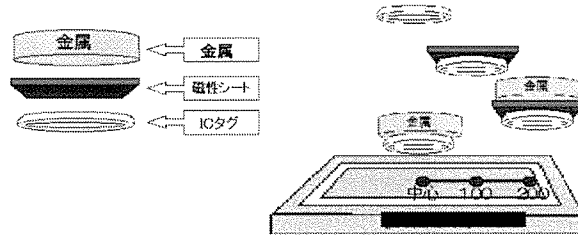
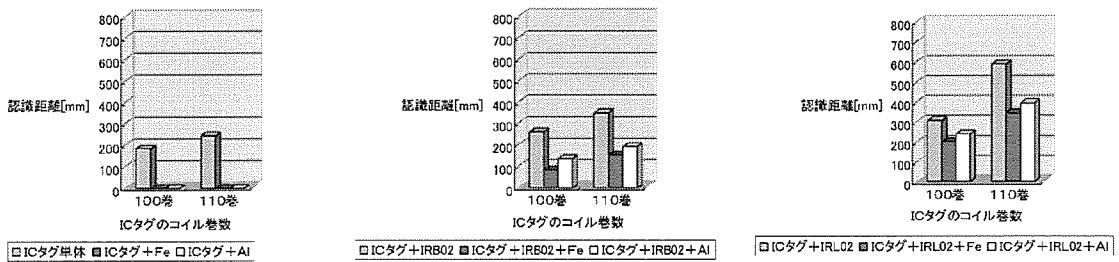
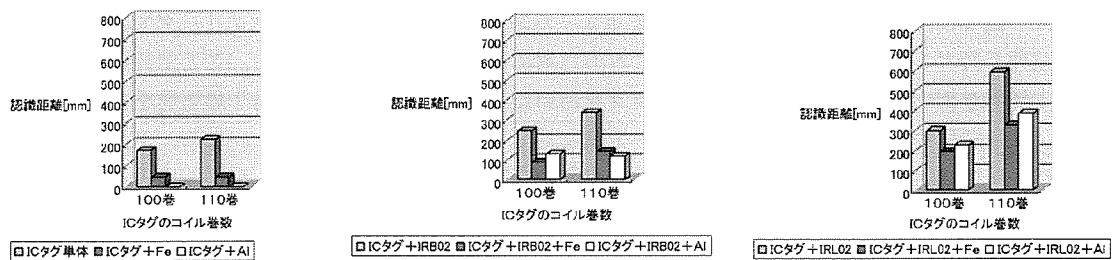


図 6 実験系

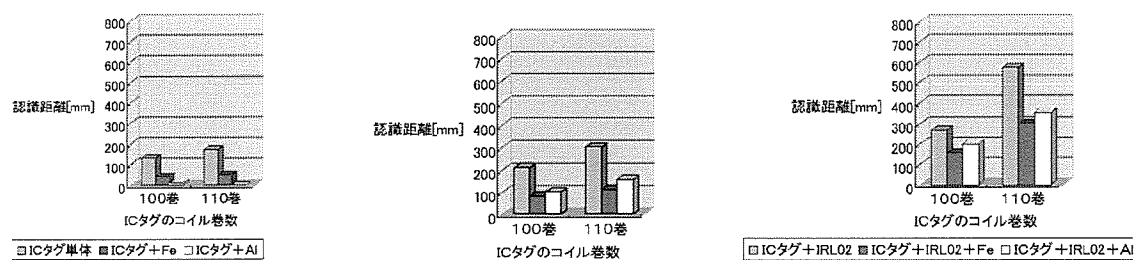
(b)と(c)が、磁性体シートを貼付した際の特性である。IRB02 シートを貼付すると、先の特性が改善され認証がなされている。シートを IRL02 に交換すると、認証距離にさらなる拡大が認められる。図 8 はリーダアンテナの中心から 100mm の位置の特性である。同じく図 9 は、リーダアンテナの中心から 200mm の位置の特性である。いずれの位置においても、認証距離において若干の変化は見られるものの、ほぼ同様の改善がなされていることがわかる。



(a) 金属を貼付した際の特性 (b) IRB02 を貼付した際の特性 (c) IRL02 を貼付した際の特性
図 7 中心での特性



(a) 金属を貼付した際の特性 (b) IRB02 を貼付した際の特性 (c) IRL02 を貼付した際の特性
図 8 100mm の位置での特性



(a) 金属を貼付した際の特性 (b) IRB02 を貼付した際の特性 (c) IRL02 を貼付した際の特性
図 9 200mm の位置での特性

5 考察

実験結果より、フレキシールドをタグに貼付することで、金属が直近に置かれても認証できることがわかった。またこれによる改善効率率は、鉄の場合よりもアルミニウムの場合の方がより顕著であることがわかった。さらに、2種類のフレキシールドの間においても差異が認められた。すなわち、初透磁率 μ が7と小さめの IRB02 型フレキシールドよりも、同初透磁率 μ が25と大きめの IRL02 型フレキシールドの方が改善効果が大きいことがわかった。これは、同パラメータが大であるほど磁束の収斂効果が高いことに起因していると考えられる。このことから、初透磁率が大である磁性体シートならば、この面積などを減じて、同様の効果が得られるのではないかと考えられる。磁性体の貼付による IC タグの金属への対応は、すでに述べたように、既存技術の一つである。しかし、磁性体シートが一般に高価であることにより普及しなかった。ところが、初透磁率の大きい磁性体で、より大きな改善効果が認められたことにより、その物理的な大きさをこの初透磁率の差異で補完できるとすれば、コスト上の問題点は解決できる。グラスタグなどのように適切な間隙を用意しても金属に対応できるが、それには限界がある。より大きな初透磁率の磁性体が提供されれば、金属対応型 IC タグの超小型化も可能となるのではないかと考えられる。

6 おわりに

本研究では、初透磁率の大きい磁性体を適用することで、より大きな改善効果が得られることを確認した。今後は、初透磁率の大小と、磁性体シートの面積の大小とを組み合わせ、検証を重ねると、最も効果的な磁性体添付の方法が明らかになると考える。

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
A Study for Suitable Specification of Medical Use RFID	Proc. 3rd Europear Medical Biological Engineering Conference	2005/11

システムとしてのリスクマネジメント Risk Management in Medical Environment as a System

保坂 良資¹, 近藤 克幸², 山下 和彦³, 稲田 紘⁴
Ryosuke HOSAKA¹, Katsuyuki KONDOH², Kazuhiko YAMASHITA³, Hiroshi INADA⁴

¹ 湘南工科大学, ² 秋田大学, ³ 東京医療保健大学, ⁴ 兵庫県立大学

¹ Shonan Institute of Technology, ² Akita university,

³ Tokyo Health Care University, ⁴ University of Hyogo

Abstract RFID is effective system to maintain the safety level of medical environment. RFID tag is small in size in generally. Hands-free operation and automatic identification are also possible in the medical use RFID system. However, there are also several problems to apply the system to medical environment. The problems have to be solved for realization of risk management by RFID as a system.

1. まえがき

日本医療機能評価機構より、平成 17 年中に生じた「ヒヤリ・ハット」事例についての調査報告が、本年 8 月 10 日の産経新聞紙上で報告された。それによると、全国の薬 1300 病院を対象とした調査の結果、このような事例が平成 17 年中に 18 万 2898 件生じている。内訳は、「処方・与薬」時が 26%、「ドレーン・チューブ類の使用・管理」時が 16%であった。これらの多くは、重篤な状態に至る以前に発見・対処されているが、ほぼ 1%に相当する 1760 件については「患者の生命に影響しうる」事例であったと報告されている。何らかの対策を講じない限り、このような状況が突如として改善されることは、期待できない。

たとえば医療環境を、一種の「人間-機械-環境系」、すなわち広義のシステムとしてとらえた場合、このシステム全体が円滑に機能するには、好ましくない特性やパラメータを有する構成要素を排除すればよい。またもしもこれが不可能な場合には、その構成要素がもたらす状況を補完し得る、新たな構成要素を付加すればよい。

「ヒヤリ・ハット」事例のほとんどは、「ヒト・モノの認証」か「直接的な施術」のいずれかで生じている。また、そこには必ずヒトが関与している。すなわち、ヒトの関与を排除すれば、これらの好ましくない事例の発生は抑止できる。しかしそれは不可能であり、別途方策が必要となる。一方で、個体認証については、バーコードに代わる情報メディアとして IC タグが普及を開始している。これは無線的に情報の授受を実施するため、バーコードとは異なって、完全な自動認証すら可能となる。たとえば、IC タグで医療環境のすべての個体を自動認証すれば、そこにヒトの関与は生じないため、少なくとも「ヒト・モノの認証」に係る「ヒヤリ・ハット」事例の抑止は実現できる。ただし IC タグは、不可視である電磁波を利用するため、これの特性に充分配慮しなければ、逆に、新たな過誤を誘発する可能性も認められる。

本文では、医療環境全体を広義のシステムとしてとらえ、これが円滑に機能するための方策の一つとして、IC タグに着目している。そのうえで、IC タグをリスクマネジメントに有効な要素として活用するために配慮すべき事柄について、考察を行った。ここでは、その結果についてまとめたので報告する。

2. 現場の取り組みと IC タグ

多くの医療施設では、現場の努力によりインシデントレポートなどを活用して、「ヒヤリ・ハット」事例の抑止に努力

している。しかしインシデントレポートなどは対症療法の一つであり、それを重ねても「医療過誤」や「医療事故」は、確率的に発生し得る。これを根絶するには、根治療法とも言える直接的な手法が必要と考えられる。

前述のように、問題となる事例は、人が関与する作業の途上で多く発生している。したがって、人が関与し得ない一つの「系」が構成されれば、そこでこのような過誤や事故は発生しない。また、医療現場で「ヒヤリ・ハット」事例が生じる状況を別の観点から眺めると、次のいずれかの状況で多く発生していることがわかる。すなわち、それらは「ヒト・モノの認証」か「直接的な施術」のいずれかで生じることが多い。後者については、医師の技術水準に依存する問題であるため、ここに工学技術を投入して状況の改善をはかることは困難である。しかし前者は、何らかの工学技術を投入することで、安全率を向上することができる。他の患者向けの薬剤の誤った投与や、手術室での患者の取り違え、術後の体内への鋼製小物の留置などは、いずれも「ヒト・モノの認証」であり、ヒトが関わって生じている。このような場面であるならば、工学技術を的確に投入すれば、状況の改善が可能である。

ヒトやモノの認証については、これまでもバーコードなどが用いられてきた。しかしそれらの情報メディアは、多くの場合、パターンなどの表面情報により認証を実現していた。しかしこの場合、光学的な読み取りが不可欠となるため、自動的な認証は困難であった。そのため、認証情報の管理は各種のシステムで行うことができて、肝心の認証行為そのものにはヒトの関与が不可欠であった。「医療過誤」や「医療事故」の背景には、ヒトによって生じる「ヒューマン・エラー」が必ず存在する。このため、ヒトが関わる限り、「医療過誤」や「医療事故」の可能性をゼロにすることは、理論的に不可能である。一方、IC タグは無線的に認証情報を授受するため、タグとリーダーのアンテナが適切に設計され、的確に設置されていれば、完全自動認証が可能である。そこにはヒトの関与が生じないため、理論的に、これに起因する「医療過誤」や「医療事故」をゼロにすることも可能である。ただし、無線通信で用いられる電磁波は不可視である。このため、その特性に配慮しなければ、まったく新たな過誤を誘発する可能性も秘められている。

3. IC タグの特性と配慮

IC タグは電磁波を用いた新たな情報メディアである。これを医療現場に投入し、「医療過誤」や「医療事故」の抑止を

図るには、少なくとも次のような点に配慮する必要がある。これらの点について配慮がなされ、適切に設計された場合、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。

- ・周波数と通信方式
- ・出力と空中線
- ・混信
- ・対金属特性
- ・複数個同時認証
- ・タグの方向性

3.1 周波数と通信方式

電磁波は、周波数によりまったく異なった振る舞いを示す。たとえば、障害物に対する透過・反射特性などがその代表例である。一般的には、周波数が高いほど遮蔽物の影響を受けやすい。一方、長波帯などの低周波数帯ではそのような影響は少ないが、波長が大きいため、効率の良い超小型アンテナの実現が難しい。IC タグの利点である自動認証に対応するには、相当程度の認証距離の確保も重要である。そのため、応用目的や応用現場による、最適な周波数帯域の選択も重要になる。また、アナログかデジタルか、といった通信方式の差異によっても変化が生じる。

3.2 出力と空中線

無線機器の出力として代表的なのは、「最終段出力」と「空中線出力」である。後者は実際にアンテナ（空中線）から放出される出力であり、生体や他の機器に与える電磁的な影響を考慮するには、こちら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 を鮮鋭化することにより、局所的な電界強度を倍加することなど容易である。

また現在では、総務省から、「携帯電話機は埋め込み型ペースメーカーから 22cm 以内に置いてはいけない」というガイドラインが提示されると共に、「RFID 機器は埋め込み型ペースメーカーから 22cm 以内に置いてはいけない」というガイドラインも提示されている。これは理論的に誤っている。すなわち、PDC 式の携帯電話機の一部は、その空中線出力が数 W に及ぶ。一方で、直径 10mm 程度の IC タグ (RFID タグ) の空中線出力は 100 μ W にも及ばない。総務省は、この両者の危険度を等しいと定義している。このようなガイドラインについては、早急な見なおしが求められよう。

3.3 混信

一般に、同一周波数の搬送波による通信が近接して実施されると、混信が生じる。通信方式などによりその程度は様ではないが、何らかの障害が生じる。また無線機器の回路では、その構成部品の経時劣化により帯域特性が変化し、予期せぬ混信が生じることがある。仕様に従った信号が発信され続ける保証は、まったく無い。

3.4 対金属特性

一般的な IC タグは金属に貼付すると認証されない。これは、タグからの返信時に、金属に逆向きの渦電流が生じて、これが返信信号を阻害するために生じている。これの防止には、タグと金属との間に適正な間隙を用意するなどの配慮が必要であり、磁性体シートの添付が有効と考えられている。また、一部のガラスタグなどは物理的に金属との間に間隙が

生じるように設計されており、金属に対応している。磁性体シートによる方式は高い応用可能性が認められるものの、磁性体シートが若干高価である。IC タグ自体のコストについても縮小が求められるため、この点については、効率の良い安価な磁性体シートの実現が望まれる。

とくに手術室への応用を考えた場合、この点は重要である。手術室内には、鋼製小物と呼ばれる金属製の処置器具類が多く存在している。現在では、これらの個数確認は、看護師に一任されている。このため、場合によっては、術後の体内留置などが生じている。これらの個数管理は、工学的には困難ではない。たとえば、一部では、高機能バーコードを鋼製小物に彫り込むことで、個々の認証を実現しようとしている例もある。ただしそれを読み取るには光学的な方法を利用するしかなく、ここでヒトの関与を断ち切ることはできない。一方、超小型で金属に対応したタグが安価で供給されれば、自動的に認証できるため、手術室での患者の安全性は飛躍的に向上する。

3.5 複数個同時認証

一般的には複数個のタグを同時に認証することは原則的には困難である。しかし最近では、効果的なスキャンにより、複数個のタグの同時認証も可能となっている。

3.6 タグの方向性

タグとリーダのアンテナは対向していることが望ましい。どちらかが 90deg 回転して直交関係に至ると、認証が困難となる。しかし、医療の分野に限らず一般的な応用分野で、タグの方向性が保証されることはない。これに対しては、X, Y, Z の 3 軸に対応したリーダアンテナを用意し、それら 3 組の受信特性をベクトル的に合成することで、すべての方向性のタグに適した受信特性を用意する方法も存在している。

4. 考察

無線通信メディアとしての IC タグの特性が配慮されることで、同タグは医療環境の中の「極めて」効果的な一つの構成要素となりうる。これが実現すれば、個体認証の作業範囲から「ヒト」という構成要素を部分的に排除することも可能となる。これにより、その部分での、ヒトに起因する「医療過誤」や「医療事故」の発生は、直接的に抑止されることになる。

ただし、すべての場面でヒトによる認証が排除されるわけではない。たとえば、いくつかの薬剤を混合して体内に注入する場合、そこで使用されたそれぞれの薬剤の量までは自動的に認証できない。このような場合には、ヒトによる意図的な認証が不可欠である。

5. むすび

IC タグは簡便な情報メディアである。その特性を活用すれば個体認証の効率は飛躍的に向上する。物流業界ではすでに対応を始めている。これに対して医療の分野は若干たち遅れているが、表面的に現場への投入を早める必要はなく、むしろ医療とタグの双方の特性を十分に吟味・検討して、有効なメディアとして実現すべきであると考えられる。それにより、リスクマネジメントに有効な一つのシステムとして、医療現場から受け容れられるものと考えられる。

病院内におけるアクティブ型 RFID の応用可能性について Possibility of Application of an Actived RFID in a Hospital

山下 和彦¹, 岩上 優美¹, 保坂 良資², 井野 秀一³, 伊福部 達³
Kazuhiko YAMASHIATA¹, Yumi IWAGAMI¹, Ryosuke HOSAKA²,
Shuichi INO³ and Toru IFUKUBE³

¹ 東京医療保健大学, ² 湘南工科大学, ³ 東京大学
¹ Tokyo Health Care University, ² Shonan Institute of Technology and ³ University of Tokyo

Abstract A management as articles and ubiety is gathering attention in various areas. The other hands, a manegement of patient information and medical agent is performed by RFID and bar-code in a hospital. In the operation spot, use effeciency and location confirmation of surgical instruments become important. And by the manegement for insturments of medicine, not only location confirmation but also calculation of a ratio of operation is important. The aim of this study is examined a possibility of the use by RFID for management of a surgical instruments in an operation room and a instruments of medicine as cardiography equipment.

1. まえがき

近年、各分野における RFID(Radio Frequency Identification) のニーズが世界的レベルで高まりつつある。RFID は“モノ”あるいは“ヒト”を対象に物品管理や所在管理あるいは導線管理に応用されつつある。

医療における RFID の利用に着目した場合、RFID を利用した患者情報の取得やヒューマンエラー防止を目的としたものが挙げられる¹⁾。このシステムを導入した結果、エラーの発生率が低下し、“誰が”“いつ”“その行為を”実施したかが明らかになり、患者への医療過誤の防止のみではなく、医療を提供する側のエビデンスの確立に利用できると考えられる。

本研究では、医療機器の管理を中心とした RFID を用いた医療応用について検討する。

2. 病院内の医療機器管理の問題点

病院内では厚生労働省の主導で保健医療情報化²⁾が進められ、電子カルテなどの診療情報の電子化や患者情報の管理などが進められている。さらに、高齢者への福祉や健康などの連携についても盛り込まれ幅広い応用が見込まれる。また、診療録の電子化だけではなく、手術機材やME機器の管理もバーコードなどで行われているところが多い。

病院内で利用される機材や道具はディスプレイの多いものが多いが、費用削減のためリユースされ、使用状況などが直接病院経営の参考資料になっている場合がある。最近の病院経営は医療費削減の政策を受けシビアなところが多いため、医療安全や有効なエビデンス確立のための人的余裕がないだけではなく、インフラにも予算を十分に当てられる余裕はない。

この点について医療安全の確保と有効な資材の利用を推進するための RFID の利用が期待され、使い勝手のよい医療情報提供システムが求められる。現在はバーコードを使った機器管理が多く導入されているが、RFID を使う、あるいは従来の方式と組み合わせることで、より積極的かつ簡便なシステムを構築できると考える。

例えば、大学病院、中核病院、400床以上の病院などでは管理する医療用機材 (ME 機器) も多く、夜間にバーコードを通さずに移動したり、救急の状況で移動し、翌日機材の紛失等のトラブルが発生することが見受けられる。

また大学病院や中核病院では重症患者の救急手術や世界

的にも発症例の少ない患者の治療が行われることが多い。手術現場では、その症例に合った手術機材を使用するため、発症例の少ない術式の手術機材はそれほど多く管理していない。偶然にもそのような症例の手術が重なる場合、事前に手術計画がなされていれば、手術機材の滅菌を計画的に進められるが、救急で運ばれてきた場合には、対処ができないことがほとんどである。

これらの現状を考え、本研究では、手術機材およびME機器に対する RFID の利用の可能性について検討した。

3. 手術機材の管理

Fig.1, 2 は手術用機材を入れておくためのコンテナ置き場の一例とコンテナ内に入れられる手術機材の一例を示した。

手術用機材は、Fig.1 のように手術の術式別にコンテナに分けられ保管されるため、種類が多だけでなく、症例によって保管されるコンテナの数が異なる。RFID 等を導入していない病院では、保管されているコンテナの個数は正確には把握されておらず、どこにそれがあるのかもわからないのが現状である。

Fig.2 のようにコンテナには、複雑な形状をした数多くの種類の手術機材があらかじめ決められた本数について1つのコンテナに収められる。手術機材は Fig.3 に示すように人的手段によって仕分けされ、Fig.4 のような滅菌手法を用いて滅菌される。滅菌方法は、オートクレーブ、ガス、プラズマがあるため、ここに用いられる RFID にはこれら滅菌手法に耐える性能が求められる。コンテナの所在確認は、手術室の搬入搬出時、滅菌器への出入りの際に記録が残るように設計する。

一方、手術機材は滅菌性が保たれている必要があるため、手術室に搬入し、開梱するまで中に何があるかわからない。そのため、よく似た手術機材は間違えて混入しやすく、必要機材が含まれていないこともある。もし手術機材すべてにパッシブ型 RFID が搭載されていれば、このような事態にはならず、円滑な手術機材管理が可能となる。

そして、滅菌完了後に Fig.1 のようにコンテナ置き場に並べられる。この際、滅菌日時が記録として残されていれば、滅菌の期限や手術回数などに対する滅菌コストが容易に算出でき、効率的な手術環境を提供することに役立つと考える。

保坂良資*, ○浅染康則*, 駒木智秀*, 鈴木昌彦*, 松野宏紀*, 山下和彦**, 近藤克幸***, 稲田 紘****
*湘南工科大学工学部情報工学科, **東京医療保健大学医療保健学部医療情報学科,
秋田大学医学部附属病院医療情報部, *兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科

R. HOSAKA*, Y. ASAZOME*, H. KOMAKI*, M. SUZUKI*, H. MATSUNO*, K. YAMASHITA**
K. KONDOH*** and H. INADA****

*: Dept. of Information Science, Fac. of Engng., Shonan Inst. of Tech.

** : Division of Medical Informatics, Tokyo Health Care Univ.

*** : Division of Medical Informatics, Akita University Hospital

**** : Graduate School of Applied Informatics, Univ. of Hyogo

1. はじめに

コンピュータシステムの普及に伴い、医療や福祉の現場も情報化が進んできた。1970年代までの情報化の初期段階では、様々な情報の合理的な処理が多く議論されていた。1980年代になると、情報の保管や制御に議論が移行した。医用画像システム PACS の開発が試みられたのがこの時期である。1990年代にはインターネットの普及により、医療や福祉の分野でも、情報通信が着目されることとなった。院内 LAN やこれを活用した電子カルテシステムが出現したのもこの時期である。2000年代の現在は、これをさらに超越して無線的(ワイヤレス)な情報通信が重要な要素となりつつある。ワイヤレス情報通信では、情報伝送路による制約が小さく、システムの簡便性が向上する。しかしいっぽうで、電磁波という不可視な媒体を利用するため、弊害も考慮する必要がある。ここでは、最近の技術の中から「医用電子タグ」と「ピルカメラ」を対象として、潜在的に存在する問題点についての解析を試みた。

2. 医用電子タグ

電子タグは、ICタグ、RFIDタグなどとも呼ばれており、バーコードに代わる次世代認証情報メディアとして注目されている。バーコードは印刷物に過ぎず、自動的な読み取りは困難であった。しかし電子タグでは、情報の授受が無線的に行われるため、自動認証は容易である。この場合、ヒトの介在がなくなるため、理論的にはヒューマンエラーの発生はすべて回避される。適切な仕様のタグを的確な方法で運用すれば、患者の取り違いや処置器具類の体内留置などの過誤がすべて抑止できる。

電子タグで利用する電磁波は、出力が一般に小さく、医療環境の条件に照らしても安全である。しかし電磁波は不可視であるために、特性を考慮しないまま現場に投入すると、新たな過誤を誘発する原因となることもある。たとえば、認証効率を向上させるために単純にリーダの出力を上昇させると、その範囲内にある無関係な個体まで認証してしまう可能性がある。たとえば、周波数帯域、出力、偏波特

性、指向性などの、無線通信の基礎的な事柄についての配慮が、患者の安全管理上とても重要となる。

3. ピルカメラ

医用画像は、(a)間接的に取得するものと、(b)直接的に取得するもの、に大別できる。X線画像や超音波画像は前者である。内視鏡画像は後者である。この後者では、観察者は、実時間で直接的に体内の状況を視察できるため、そこから得られる情報はとても貴重である。しかし消化器系では、ヒトの腸管が長く、すべての箇所を視察できない。このような状況に対して、国内外でピルカメラが提案され始めている。ピルカメラは、古くは1970年代に東京慈恵会医科大学の「カプセル研究会」などで提案されていた。これには、早稲田大学内山研究室や東京大学斎藤研究室なども参画していた。ただし現実的な製品には至らず、今日を迎えている。

現在様々な企業から提案されているピルカメラは、慈恵医大方式と基本的には同一である。すなわち、バッテリーを内蔵して、消化管内を通過する間に超小型カメラで腸内画像を撮影する。この画像情報を、無線的に体外に送信して記録する。しかしこの方式では、短時間ではあるものの体内にバッテリーを保持することになる。なんらかの事故が生じた場合、腸管内にバッテリーが暴露される。そのような事態を回避するために、体外からのエネルギー伝送を前提としたバッテリーレス・ピルカメラの開発も進められている。ただしこの場合、経皮的にエネルギーを伝送するため、対象となる部位の生体負担が問題となる。

4. おわりに

無線的な情報通信はとても有効である。基礎をpushした上で適切に開発が進められれば、有効な新技術として開花する可能性が高い。しかしいっぽうで、十分な検討を行わないまま実現してしまうと、予想外の時期に予想外の事故を誘発する可能性がある。そのときに、直接的に被害を被るのは患者や被介護者である。これらの者の安全を確保するためにも、無線情報通信の特性を考慮した開発体制を整えることが肝要と考える。

無線通信・認証システムとしての問題解析

保坂 良資

湘南工科大学工学部情報工学科

Problem analysis of electronic tag as wireless communication system
and identification system

Ryosuke HOSAKA

Dept. of Info. Science, Fac. of Engng., Shonan Inst. of Technology

1. はじめに

電子タグは医療過誤の抑止に有効である。しかしそこでは、電磁波で情報の授受が行われている。電磁波は不可視であるが故に、予期せぬ事故が生じることがある。臨床現場でこれが生じると、多くの場合、患者がその代償を支払う。これの抑止には、医療職者と言えども、電磁波についての最低限度の知識を保持する必要がある。ここでは、医療用電子タグを無線通信システム・認証システムとしてとらえ、潜在する問題について解析した。

2. 臨床現場と無線通信

臨床現場には、多くの無線通信が存在する。以前は医用テレメトリ装置程度であったが、最近では医用 PHS の普及に始まり、電子カルテシステム向けのワイヤレス機器も多用されている。これらの機器はケーブルの束縛がなく、利便性が高い。電磁波は安易に取り扱うと危険であるが、不可視であるため、その特殊性に対する配慮が軽んじられる傾向がある。一方、電子タグは、医療過誤抑止の有力候補である。その効力を発揮させるためには、無線通信としての側面について理解を深めなければならない。これにより、認証システムとしてのパフォーマンスの向上も期待できる。

3. 無線通信としての問題

3.1 周波数と通信方式

電磁波は、周波数によりまったく異なった振る舞いを示す。たとえば、障害物に対する透過・反射特性などがその代表例である。また、アナログかデジタルか、といった通信方式の差異によっても変化が生じる。

3.2 出力と空中線

無線機器の出力として代表的なのは、「最終段出力」と「空中線出力」である。後者は実際にアンテナ（空中線）から放出される出力であり、生体や他の機器に与える電磁的な影響を考慮するには、こちら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 を鮮鋭化することにより、局所的な電界強度を倍加することなど容易である。

3.3 混信

一般に、同一周波数の搬送波による通信が近接して実施されると、混信が生じる。通信方式などによりその程度は一様ではないが、何らかの障害が生じる。また無線機器の回路では、その構成部品の経時劣化により帯域特性が変化し、予期せぬ混信が生じることがある。仕様に従った信号が発信され続ける保証は、まったく無い。

4. 認証システムとしての問題

4.1 対金属特性

電子タグは金属に貼付すると認証されない。これは、返信電磁波が金属に吸収されるなどして生じる。その防止には、タグと金属との間に適正な間隙を用意するか、磁性体シートの添付により局所的な遮蔽を行うことが必要である。既存の金属対応タグの多くは前者の方式である。後者の方式は比較的新しく、簡便でタグの種別に依存しないが、磁性体シートが若干高価である。

4.2 複数個同時認証

一般的には複数個のタグを同時に認証することは困難である。しかし最近では、効果的なスキキャンにより、複数個のタグの同時認証もできる。

4.3 タグの方向性

タグとリーダのアンテナは対向している必要がある。どちらかが 90deg 回転して直交関係に至ると、認証が困難となる。しかし、医療の分野に限らず一般的な応用分野で、タグの方向性が保証されることはない。これに対しては、X, Y, Z の 3 軸に対応したリーダアンテナを用意し、それら 3 組の受信特性をベクトル的に合成することで、すべての方向性のタグに適した受信特性を用意する方法が存在する。

5. 臨床現場に適したタグの実現には

臨床現場はそれぞれに異なった特徴を有している。たとえば手術室では、多くの鋼製小物やガーゼ類の認証が求められる。ここでは高効率な金属対応タグや、安価で柔軟なタグが必要とされる。新生児や乳児は、電磁波に対して非常に脆弱である。ここでは、認証精度よりも電磁的安全性が優先さなければならない。一般病棟での日々のケアでは、認証に係る看護師の負担軽減も重要であり、ハンズフリー認証の有用性が浮上する。与薬の安全確保については、カプセルなどに封入できる μ チップのような超小型タグの実現も有効である。

すなわち臨床現場に適した医療用電子タグを実現するには、それぞれの現場のニーズを、正しく的確に抽出・解析し、それに適した仕様を求めることが不可欠と言える。

6. おわりに

医療過誤の抑止のためとは言え、無線通信システムを利用して、その高い利便性を享受するならば、医療職者と言えどもそれに関する基礎知識を習得することは不可欠である。そのうえで、機器の仕様を各現場毎の実態に適合させれば、医療過誤の抑止に有効なシステムが実現できよう。「知ったかぶり」の代償を支払うのは患者であることを忘れてはならない。