

图 Z 7. AP-A

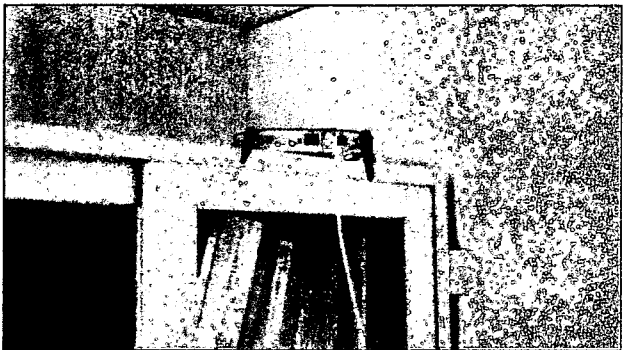


图 Z 8. AP-B

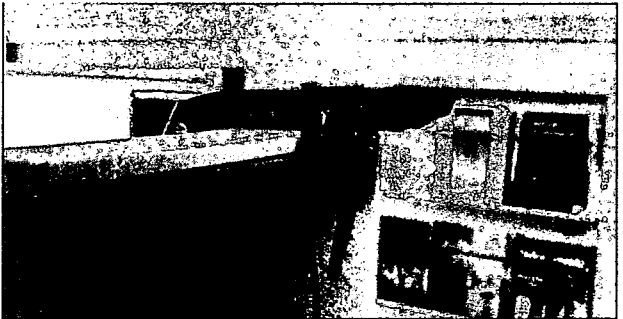


图 Z 9. AP-C



图 Z 10. AP-D

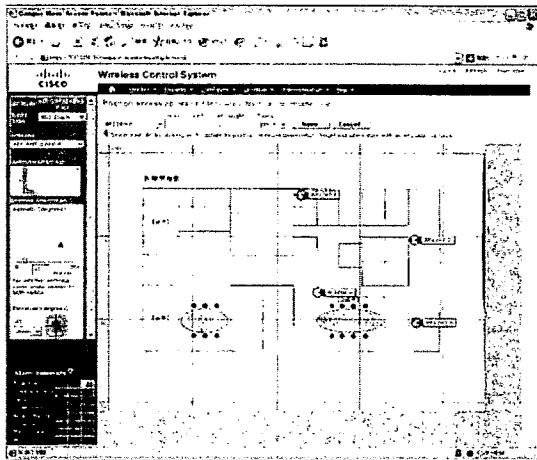


図 Z 1 1. Wireless Access Point を図面上に配置

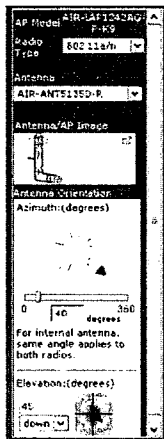


図 Z 1 2. アンテナの設定

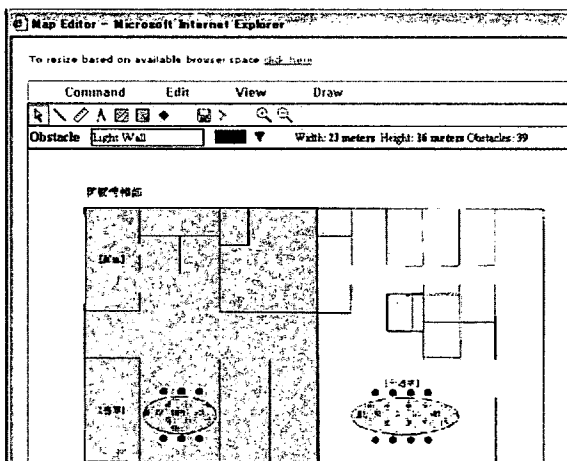


図 Z 1 3. 室内の壁を設定

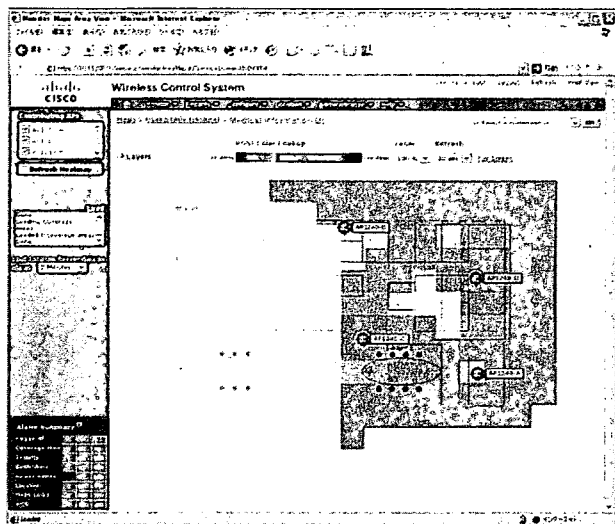


図 Z 1 4. 電波の強度を色で表示

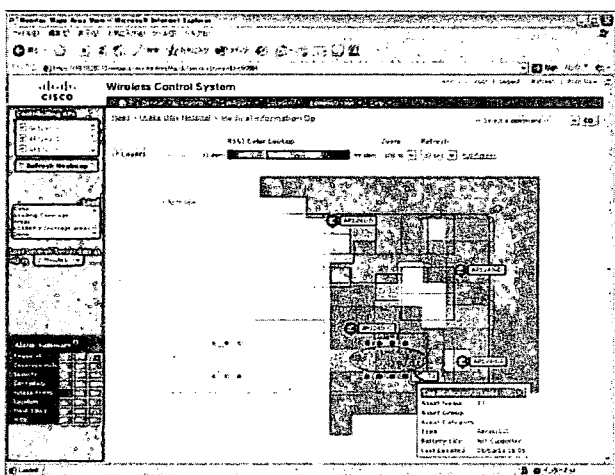


図 Z 1 5. 検出された無線 LAN タグ

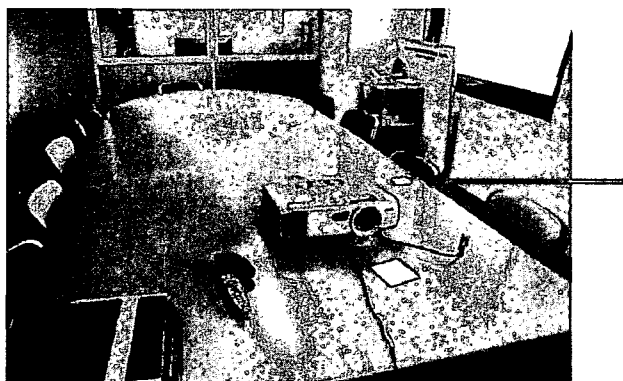


図 Z 1 6. 図 Z 1 5 で示された無線 LAN タグの実際の位置

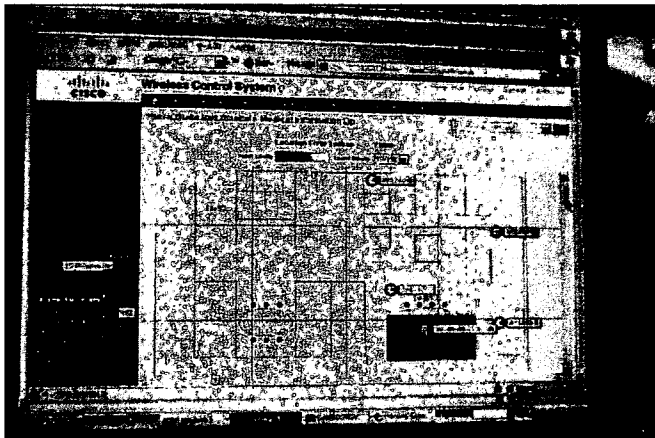


図 Z 1 7. 無線 LAN タグ以外の無線 LAN 装置を検出

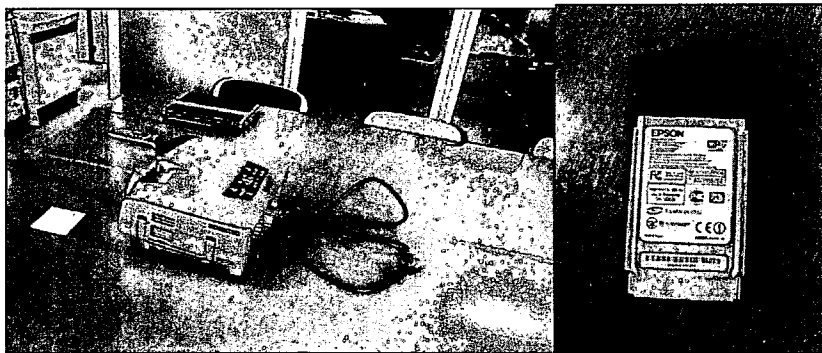


図 Z 1 8. プロジェクターに装着された無線 LAN 装置

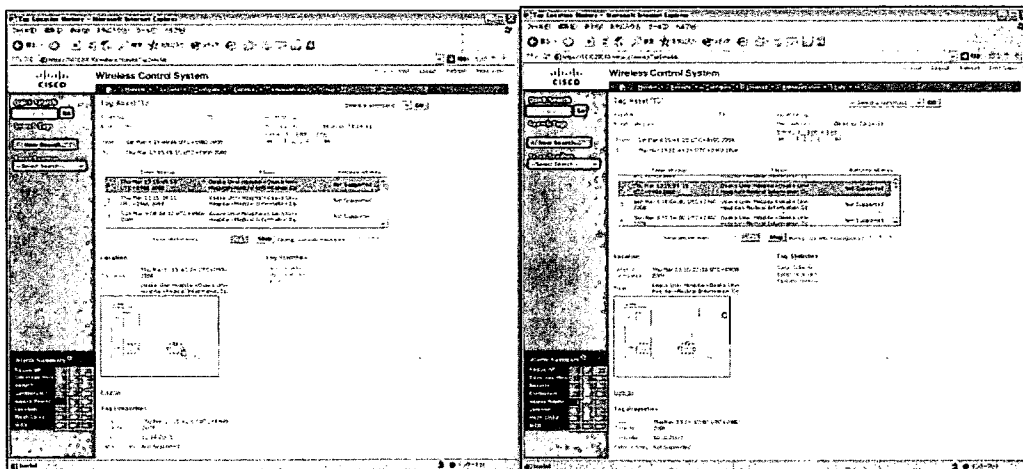


図 Z 1 9. 動態管理画面

厚生労働省科学研究費補助金（医療安全・医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

医療現場に適した電子タグのハードウェアとしての適性評価に関する研究
分担研究者 保坂 良資 湘南工科大学准教授

研究要旨 本研究では、医療現場、とくに看護現場での運用を前提として、医用電子タグに係る電磁特性関連の研究を行った。具体的には、(1)PLC およびインバータ式電球型蛍光ランプによる電磁障害の可能性評価、(2)金属・水分対応型タグの実現可能性評価、(3)認証の時間的管理を可能とする新たなタグの実現可能性評価、について様々な企業・大学などから情報収集を行い、現場の状況を考慮しつつ検討・評価を重ねた。一部では簡単な実験も行い、その結果の解析を試みた。また、電子・情報分野では国際的に最も多くの会員を擁する IEEE の中の生体医工学分科会 EMBS に参加することで、(4)欧米の医用ワイヤレスシステムに関する状況調査、も行った。

A. 研究目的

電子タグの医療応用に向けて、とくに無線通信工学に立脚して、そのハードウェア的な側面から適性の評価を行うことを目的とする。とくに本研究では、医療過誤が最も生じやすいといわれている看護現場を想定して研究を進めた。

電子タグは一般に、RFID（Radio Frequency Identification）タグ、ICタグと呼ばれている。このシステムでは、個体の情報を無線的に伝送して認証を行う。その原理は、航法システムのラジオビーコンに近い。個体認証を可能とする同様のシステムにバーコードがある。しかしバーコードでは、メディアに記された情報を光学的に読み取る必要があるため、原理的にヒューマンエラーの発生を回避できない。これに対して電子タグでは、無線的すなわちワイヤレスで情報の読みとりが可能のため、伝送系の最適化が実現すれば、ヒューマンエラーを完全に回避できる。しかし一方では、ワイヤレス情報通信を用いるが故の弱点もまた存在している。それらの多くは、

電磁的な障害に起因するものと、ワイヤレス通信の周波数帯域に起因するものに分けられる。前者では、たとえばPLC通信による電磁的障害の発生可能性などが挙げられる。また最近では電力節減のため、白熱電球に代えて電球型蛍光ランプを利用する場面が多く見られる。ところがこれらのランプのほとんどはインバータ式であり、原理的に発振器を有する。したがってここから発せられる電磁波の影響についても考慮する必要がある。後者では、本質的に高周波の電磁波が水分により減衰する。このため、たとえば800/900MHz帯や2.4GHz帯のタグは、とくに水分に対して適応しにくい。

医用電子タグは、一般に医療環境内の個体の認証に用いられる。その個体の概念は、すべてのヒト・モノと考えられる。ただし多くの場合それらは、すべての「医療用物品」であり、すべての「スタッフ」であり、すべての「患者」である。しかしながら実際の医療の環境においては、たとえば見舞客などのように、直接的に医療行為に関与

しない個体も存在する。一般的にはそれらの個体の存在は大きくないが、近年では予期せぬ侵入者による「新生児の連れ去り」なども生じている。新たな概念による医用タグが開発されれば、それらの個体についても合理的な認証が実現する。ただしそれには、旧来のタグでは得られなかった時間的な概念の導入が不可欠となる。

医用電子タグは、原理的には物流用電子タグと何ら変わるところがない。物流用タグは、洋の東西を問わずすでに相当量使用されている。また米国では、大手スーパーマーケットの wal-mart が導入を表明して久しく、今後爆発的な普及が予測される。しかし医療の分野は、そのような物流分野とは状況が異なるため、欧米での開発状況や評価に関する情報を収集することが不可欠といえる。

以下では平成 19 年度に実施した、(1)PLC・インバータ式電球型蛍光ランプによる電磁障害の可能性、(2)金属・水分対応型タグの実現可能性、(3)認証時間管理タグの実現可能性、(4)欧米の医用ワイヤレスシステム状況、について順次述べることにする。

B. 研究方法

本研究では、主に次の 4 点を中心に研究を進めた。

- (1). 外部電磁機器による障害の可能性
 - (2). 金属・水分対応タグの実現可能性
 - (3). 時間管理タグの実現可能性
 - (4). 欧米の医用ワイヤレスシステム状況
- 以下ではこれらの各点について、個々に述べることにする。

B-1. 外部電磁機器による障害の可能性

本件は、平成 18 年度の研究からの継続実施である。最近では、家庭内での簡易ネットワーク敷設のために、PLC (Power Line

Communication)と呼ばれるシステムが実現され、市販されている。このシステムは、電力線通信の一種であり、家庭内の電灯線を通信経路として利用し、ここでデジタル情報を授受しようとするものである。電力線通信自体は古くから利用されてきた。PLC は、それを家庭内に応用したものである。高圧線を利用した電力線通信では、その周囲に搬送波周波による電磁障害による問題が生じる可能性が低い。しかし、家庭内の電灯線ではその近傍で一般的な家庭生活が営まれており、搬送波による障害の発生も予測できる。とくに一般の電灯線は、通常デジタル伝送線路とは異なり、まったくシールドが施されていない。このような通信線路でデジタル通信を実施すること

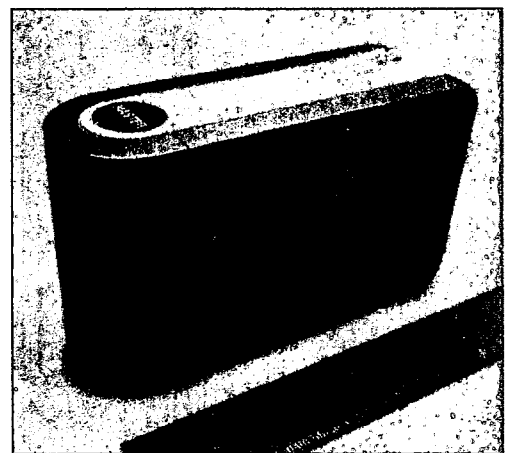


図 1 PLC 端末装置の一例

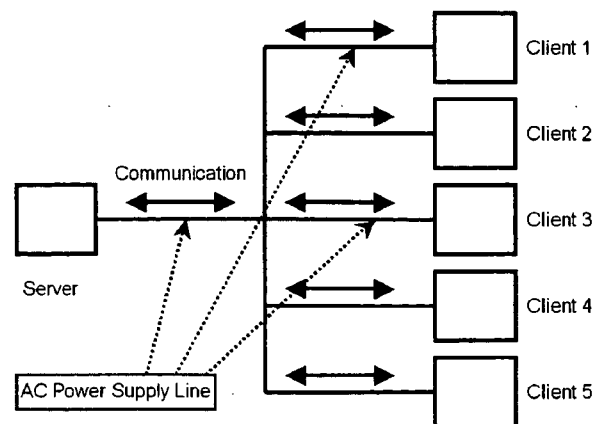


図 2 PLC ネットワークの一例

には無理がある。しかしその一方で、電灯線さえが存在すれば LAN 配線を施さずともこれが利用できる利点もある。たとえば、小規模の医院などで局地的に電子カルテシステムなどを運用しようとした際に、まさに限局した LAN が必要となる場合もある。そのような際には PLC が好適である。ただしその際には、医用電子タグなどと電磁的に衝突が生じることが予測される。

このような電磁的な障害については、かねてより、JARL (社団法人 アマチュア無線連盟) などから検証データと共に、廃止を求める声が挙げられていた。図3にJARLの計測グループが赤城山中で得た計測データを示す。上下の図共に、縦軸は電界強度を示し、横軸は周波数を示している。単位

は縦軸が dB、横軸が MHz である。ここで horizontal, vertical とあるのは、雑音信号の水平成分と垂直成分である。上図中央付近の PLC の雑音水準を表す曲線は、雑音信号の垂直成分を 4 次多項式で近似表現して示したものである。横軸中央付近が 10MHz であり、医用電子タグでも多用されている 13.56MHz は、そのやや右方である。この図では、13.56MHz の位置に上下の図共に太線を配した。上図の同周波数の位置における PLC による雑音信号電界強度は、25dB ほどである。これに対して下図に示した同じく JARL による一般的な環境電磁雑音の分布では、図の中程に、ビジネス環境や住宅環境の電磁雑音の程度がいくつかの直線で表されている。下図で左上方から右下方

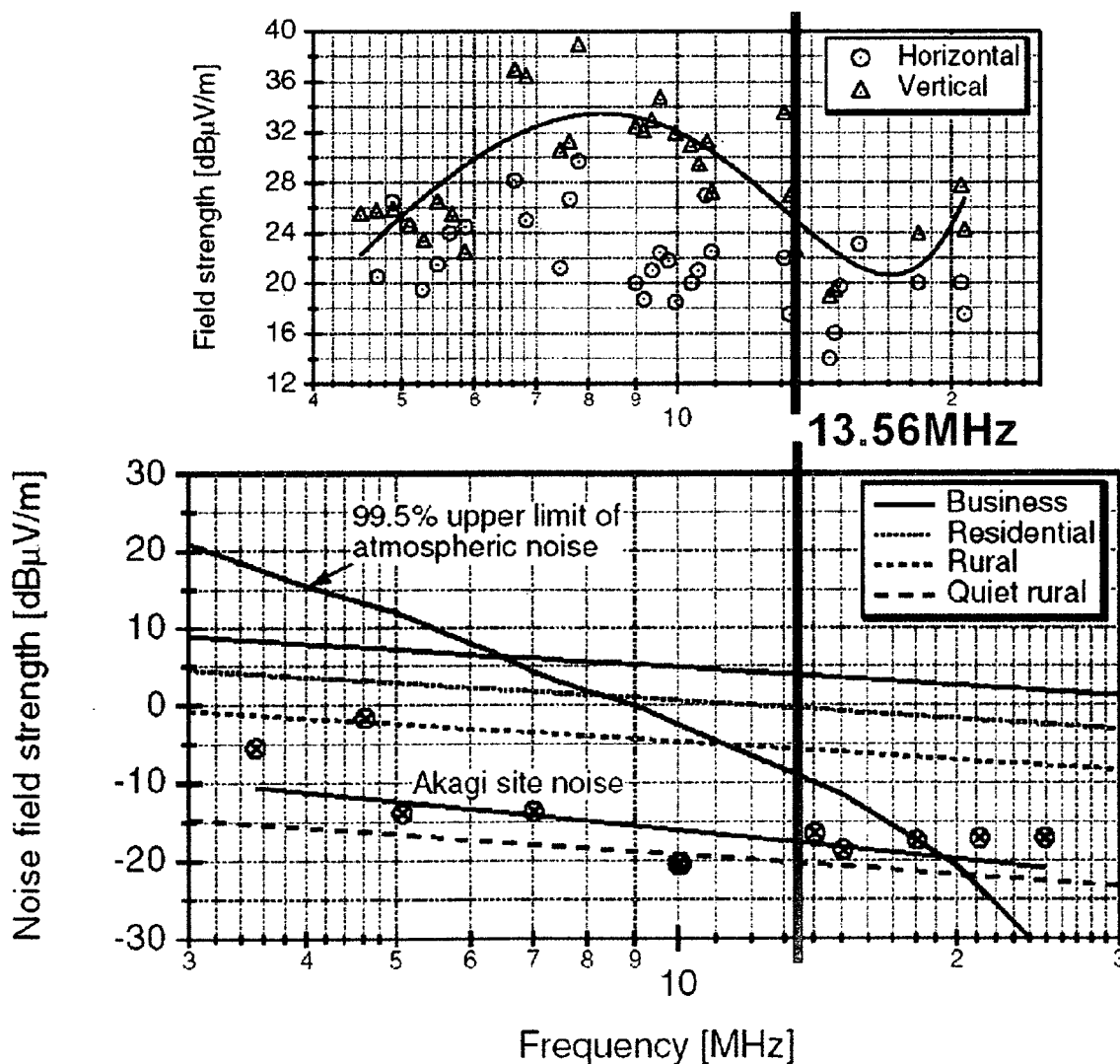


図3 JARLによるPLC雑音測定値

に向かう曲線が、考え得る最大の環境電磁雑音水準である。これらを考慮すると、PLCの発する電磁雑音の大きさがわかる。

PLCの搬送波が使用する周波数帯域には短波帯通信が割り当てられている。一般的なPLCシステムでは、これらの既存の無線通信を阻害することがないように、適宜ノッチフィルタが挿入されている。このため夜間を除いては、既存の短波帯通信が阻害される可能性は低い。しかしながら13.56MHzを代表とする電子タグは既存の短波帯通信とは異なり、そのような配慮がなされていない。この点に関しては、平成19年度の研究実施を通して、我が国の国内でPLCの最大シェアを擁するパナソニック・コミュニケーションズより、「スループットは低下するが、ファームウェアレベルで如何様にもノッチフィルタを設置できる」との解答を得ている。ただしそのフィルタ周波数は多くの場合基本周波のみが対象となる。既存の短波帯通信信号と電子タグの認証情報とは占有帯域幅も異なる。したがって、医用電子タグの安全な運用を目指すには、このPLCに対する対策を考慮することが不可欠である。平成18年度報告書でも言及したように、本年度においては何らかの形でPLCによる雑音信号の電界強度を実測・検証を行うこととした。

最近では、省エネルギーの観点から、一般的な白熱灯に代えて電球型蛍光ランプを使用する施設が増えている。電球型蛍光ランプは、電球型のプラスチックの筐体の中に小型の蛍光ランプと共にインバータ式発光回路を組み込むことで、実現されている。このような蛍光ランプは、形状は電球であるものの本質的には蛍光ランプであるために、「電気代1/5」「寿命6倍」「発熱量1/5」といった特徴を有しており、一般家庭はもとより、医療施設などでも普及が進んでいる。ところがこのようなランプは、前述の

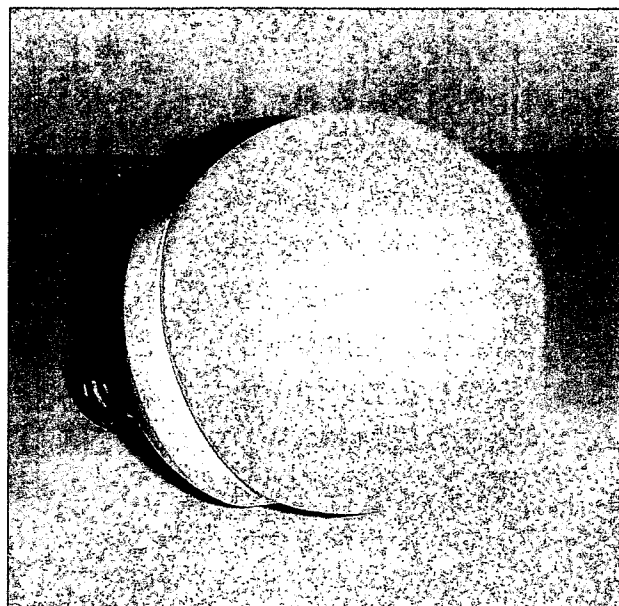


図4 電球型蛍光ランプの一例

ように、内部に発振器を含むインバータ回路を有している。その回路からは、原理的に少なからず電磁波が発せられており、その状況を解析する必要がある。本研究では、前述のPLCの電磁雑音の計測の際に、同時にインバータ式の電球型蛍光ランプについてもその電磁雑音の強度を検証することとした。

B-2. 金属・水分対応タグの実現可能性

本件も平成18年度からの継続である。平成18年度においては、アモルファス磁性材料による金属対応化について実験的に検証した。しかし同材料は高価であり、添付する磁性材料の形状の最適化を施しても、コストが重要視される医療分野での応用が困難であった。また、タグアンテナの共振特性をあらかじめ調整することで、アンブルなどに内包した薬剤の水分に対応させた方式も散見された。しかし、広範な応用が望める仕様ではなかった。本年度には学会などの場を中心に、企業・大学間での情報収集に努め、いくつかの技術およびタグの存在を確かめた。しかし、それらは企業側での特許権の問題から本書にて詳細をつまび

らかにすることが難しい。平成 20 年度では、いくつかの箇所での共同実験を予定しているため、後述の C-2 にて、原理について若干の説明を行う。

B-3. 時間管理タグの実現可能性

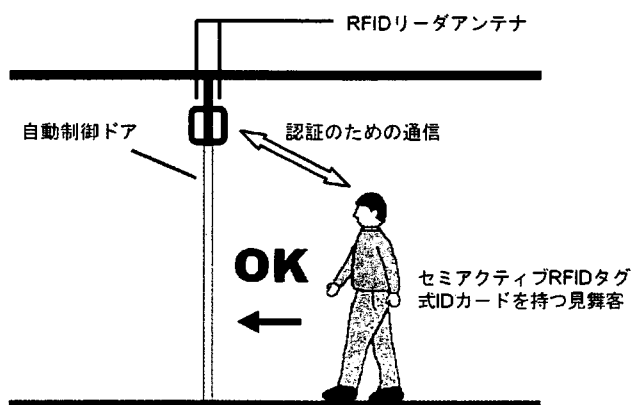
医用電子タグは、医療環境内にあるすべての個体が認証対象である。しかし現実には、医療行為に直接的に関与する個体がその対象であり、見舞客などはその対象とは言えない。院内の個体認証システムが進化しても、一時利用の見舞客に対して相当程度のコストを要する認証システムを導入する可能性は低い。ところが一方では、予期せぬ侵入者による「新生児の連れ去り」なども生じている。また、見舞客の残留などは日常的に生じており、そのような者に対する処置も、病棟レベルでは望まれている。

入院病棟では、日勤時間帯には、看護師など相当程度のマンパワーが配されている。しかし、準夜勤帯および深夜勤帯には、たとえば入院患者 50 名程度に対して、2~3 名の看護師しか配されていないことが多い。そのような状態で残留者が生じると、環境の安全性を保持することが困難である。とくに、ER、C・ICU、新生児室の周辺にお

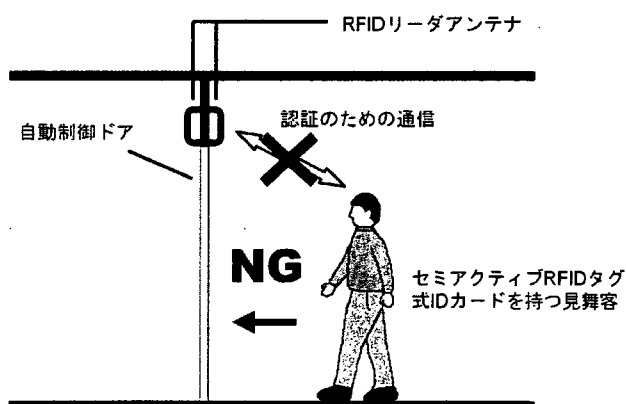
いては、そのような残留者が生じる可能性が高い。

見舞客などに対して、何らかの認証メディアを交付する場合には、何らかのバックアップシステムが不可欠であり、そのためのコストを見込まなければならない。たとえば、愛知万博の入場券には日立製作所の電子タグである μ チップが埋め込まれていた。しかしこれを入場券として運用するには、その内部情報を読み取り処理するためのシステムが不可欠であった。その理由は、一般的な電子タグはあくまで個体認証のためのメディアであり、時間計測の機能を有さないためである。このため、有効時間長の真偽判定には別途システムが必要となる。しかしそのようなシステムに係るコストは、医療施設毎に捻出しなければならない。

本研究では、補足的なシステム無しに独立して時間的な認証管理が可能な電子タグについて提案する。一般的な電子タグは、バッテリーを有さないパッシブ型と、バッテリーを有するアクティブ型に分別される。前者ではリーダからの問いかけ信号に対して、受信したその問いかけ信号の電気エネルギーを転換して 1 回のみ返信する。ただし返信に大きなエネルギーを用意できないため、認



(a). バッテリ有効時間内



(b). バッテリ有効時間外

図 5 LC (Life-Controled) タグの動作の概略

証距離は数 cm から数十 cm 程度と小さい。後者のアクティブ型タグはバッテリーを有するため、数百 m 程度までと大きな認証距離が実現できる。パッシブ型タグは、リーダーの認証範囲内にある限り半ば反射的に応答する。このため、タグの真偽判定などは別途システムを必要とする。一方、アクティブ型タグは、バッテリーが枯渇すると沈黙する。ただしアクティブ型タグではバッテリーの長寿命化が重要とされており、1 年程度が一般的である。本研究ではこのアクティブ型タグのバッテリー容量を可能な限り小さくし、おおむね数時間程度としたタグを提案する。このタグを認証情報メディアとして利用すれば、あらかじめ設定した時間長のみ認証が実現し、その後は完全に沈黙する。すなわち認証情報メディアでありながら、補助的なシステムを用いなくても時間管理が実現できる。本研究ではこのようなタグを LC (Life-Controled) タグと名付けることとする。

LC タグの動作状況の概略を図 5 に示す。この場合、タグのバッテリーの有効時間内で有れば、そのタグを携帯する個人は認証され、ドアを通過できる。一方、バッテリーの有効時間を超過した不当な残留者は認証されないため、ドアを通過できない。一般的にはこのような状態でアラームを発する。

B-3. 欧米の医用ワイヤレスシステム状況

物流用の電子タグは、すでに国際的に普及している。とくに、BSE 問題の発生後、その普及に拍車がかかっている。しかし、それ以外の医療の分野では、我が国のみならず欧米諸国においても急速な進展が見られていない。過去には、経済産業省の支援による調査団などが欧米に出向き、その開発体制についても報告が成されたが、現実的にはその後の進展が認められていない。

本研究では、小職・保坂が電子・情報系

の国際的に最も大きい研究組織である IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) の中の生体医工学分科会である EMBS (Engineering in Medicine and Biology Society) で研究発表を行いつつ、欧米諸国における医用ワイヤレス情報メディアの動向についての情報収集を試みた。対象とした会議は、平成 19 年 8 月にフランス・リヨンで開催された 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society であった。ここで平成 18 年度の本研究報告を基盤とした医用電子タグの研究発表を行いつつ、前述の情報収集に当たった。

C. 研究結果

C-1. 外部電磁機器による障害の可能性

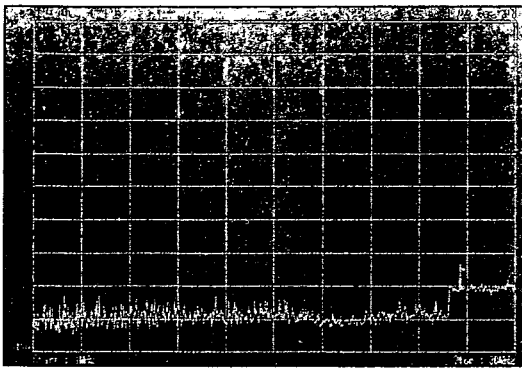
ここでは、次の 2 点を電磁雑音の発生源として考え、これらによる電界強度分布の変化の状況を調べた。

(a). PLC

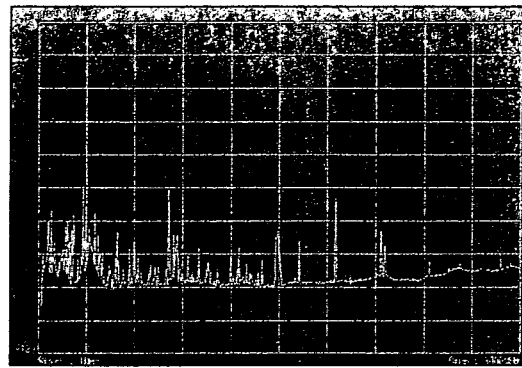
(b). インバータ式蛍光ランプ

実験に当たっては、スペクトラム・アナライザを用意した。当初は新規に購入予定であったが、平成 18 年度の予算にて主任研究者である近藤が購入した「Spe Cat2」を借用できたため、これにより測定を行った。

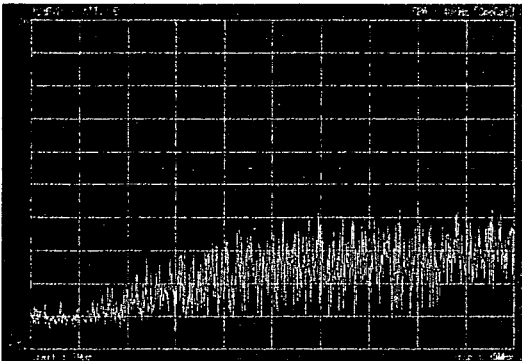
実験環境は、一般的な病室を模した環境を、研究室内に既存の机や診療台にて再現した。その一角に、PLC アダプタ (子機) とインバータ式電球型蛍光ランプを配した。PLC アダプタ (親機) は、配線系統が同一の別室に置き、念のため外部インターネット網へ接続できる状態を保った。その後、両者を別個に動作させ、それぞれが ON / OFF の際の電界強度分布を測定した。なお、スペクトラムアナライザのプロブは、PLC アダプタ、電球型蛍光ランプから 1m



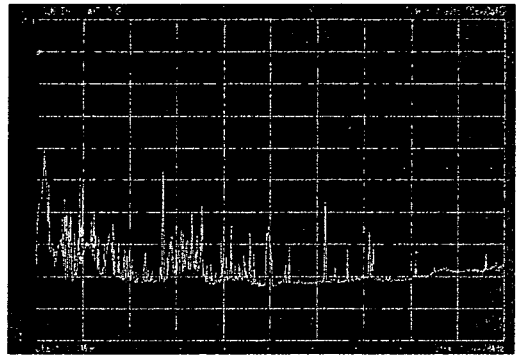
(a). PLC/OFF、蛍光ランプ/OFF (30MHz)



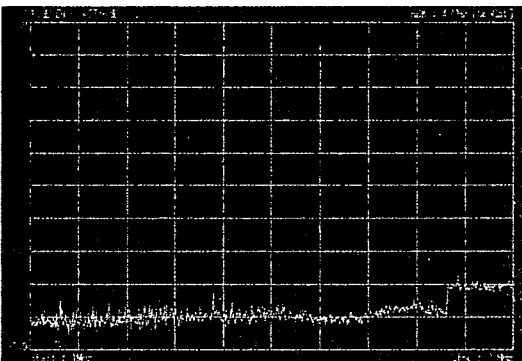
(b). PLC/OFF、蛍光ランプ/OFF (3GHz)



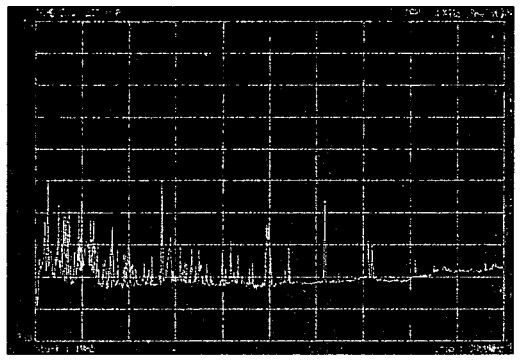
(c). PLC/ON、蛍光ランプ/OFF (30MHz)



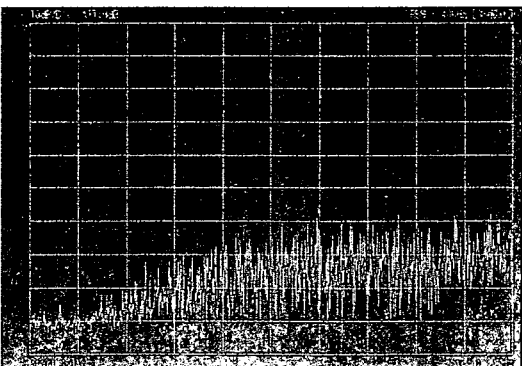
(d). PLC/ON、蛍光ランプ/OFF (3GHz)



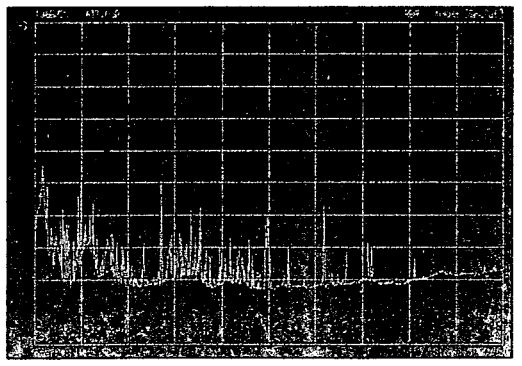
(e). PLC/OFF、蛍光ランプ/ON (30MHz)



(f). PLC/OFF、蛍光ランプ/ON (3GHz)



(g). PLC/ON、蛍光ランプ/ON (30MHz)



(h). PLC/ON、蛍光ランプ/ON (3GHz)

図6 PLC、インバータ式電球形蛍光ランプによる雑音電界強度分布

離れた位置に設置した。研究室の照明用蛍光灯は、擾乱情報となる可能性があるため、消灯した。以下に実験結果を示す。

図 6 で、(a)と(b)は、PLC アダプタ、インバータ式電球型蛍光ランプ共に OFF の際の測定データである。(c)と(d)は、PLC アダプタのみ ON として、インバータ式電球型蛍光ランプを OFF とした際の測定データである。(e)と(f)は、インバータ式電球型蛍光ランプを ON として、PLC アダプタを OFF とした際の測定データである。最後の(g)と(h)は、PLC アダプタ、インバータ式電球型蛍光ランプ共に ON とした際の測定データである。各図にて、横軸は周波数を表し、縦軸は電界強度を表している。格段の左側は、最大周波数を 30MHz として設定した結果である。同様に、格段の右側は、最大周波数を 3GHz として設定した結果である。これらの結果より、PLC アダプタを ON とすることにより、5MHz 前後から 50MHz 前後にかけての周波数帯域にて、大きな雑音信号が発生していることがわかる。これに対して、インバータ式電球型蛍光ランプに関しては、ON / OFF に関わらず、ほとんど電磁雑音は発生していないことがわかる。

本実験結果は、前述の JARL の測定結果と比して、一般的な研究室での測定である。したがって様々な雑音の混入の可能性は否定できない。しかし定性的には、JARL の測定データよりもさらに顕著な雑音の存在が確認されたと考えて良い。パナソニック・コミュニケーションズの情報によりノッチフィルタを設定できたとしても、これほどの周波数範囲に於いて雑音の発生を見ていることは憂慮すべき状況と考えられる。また、対応したファームウェアへのアップデートの管理の問題も残される。とくに医療の分野では、すでに多くの 13.56MHz 帯の電子タグが流通しており、それらはこの

雑音信号の影響を受ける可能性を有している。このようなことから、少なくとも医用電子タグが運用される可能性のある環境では、PLC システムの運用は、当面控えた方が賢明と思慮される。

C-2. 金属・水分対応タグの実現可能性

従来のタグの金属対応化はアモルファス系の磁性体添付に寄るところが多かった。しかしこの磁性体は高価であり、その形状などの最適化を図っても、コスト上昇を招いてしまう。一方、水分対応タグにおいても、これまでに存在していたものは、たとえば薬剤の満たされたアンブルに添付することを前提として、あらかじめ同調特性が調整されていた。その調整には 2 種類の方法があり、一つは同調回路の Q を低下させ、同調周波数範囲を拡大することで水分に対応するものであった。他方では、あらかじめ同調周波数 f_0 をシフトしておき、水分が満たされた媒体に添付された段階で同調周波数が最適となるような設計であった。ところがこれらの方法では本質的な改善は図れない。たとえば前者であれば、Q の低下により認証距離の短縮などが生じてしまう。後者では、内容である薬剤の種別によっては被誘電率が変化して、当初意図した同調周波数とならない可能性もある。

これらに対して、パナソニック・コミュニケーションズが開発中の金属対応タグにあっては、ガラスエポキシ両面基盤の一部の銅箔をエッチングにより除去することでアンテナを形成している。すなわち、分布定数回路としてアンテナの最適化を図ることで、金属対応を果たしている。これは新たな試みであり、本質的に高度なアンテナが実現されている。同社の特許権に関わるため、本報告書では詳細を記述できないが、平成 20 年度にはこれを用いての実験を行い、看護現場での応用可能性を評価したい。

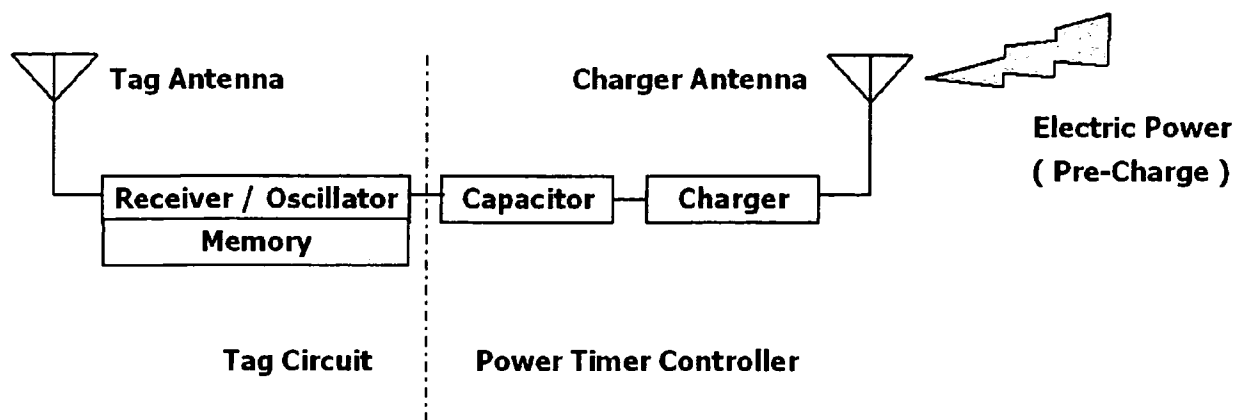


図7 LCタグの回路構成

C-3. 時間管理タグの実現可能性

本年度は、認証の時間管理を可能とするLCタグについて、基礎的な構成について設計を試みた。基本的な回路構成を図7に示す。中央の一点鎖線から左方がタグとしての基本回路部である。これに容量が非常に小さいキャパシタが接続されると、パッシブ型タグと同等となる。またここに、相当程度の容量のバッテリーが接続されると、一般的なアクティブ型タグとなる。LCタグでは、アクティブ型タグの内蔵バッテリーに代えて小容量のキャパシタと簡単な電磁結合充電回路から成る電力タイマ回路を付与する。ここで付与するキャパシタは、容量が小さいものの、パッシブ型タグのそれよりは大きくなる。現実的には、タグ回路が数時間程度動作可能な電力容量が確保できる程度の、静電容量が必要となる。LCタグを認証メディアとして利用するには、その直前に、必要な電力を外部から充電する。この場合、電磁結合による無接点充電を利用すれば、タグ表面に充電接点を用意しなくても良い。このような構造物を排除することで、完全密封型の構造とすることができ、タグ回路の改ざんを予防できる。またもしも改ざんが行われても、目視にての確認が容易となる。

LCタグでは、認証距離は小さく設計する。

具体的にはSuicaなど同様に、タッチ式認証とする。たとえば悪意に基づいた利用者が内蔵キャパシタを大容量バッテリーに置換した場合、ほぼ無期限のパスとして悪用される可能性が残る。この可能性を排除するために、基本的には「目視範囲内でのタッチ認証」を前提とする。

無接点充電回路は小型・軽量化が容易なため、タグ自体の大きさ・重量には、ほとんど影響を及ぼすことがない。またキャパシタも、パッシブ型のそれよりは大容量であるものの、動作時間長が限定されるため、物理的に大型の物は不要と想定される。とくにタグの基本回路は、さらなる小型化も可能である。このためLCタグは、Suicaなどのカード型のパッシブ型タグと同等の大きさ・重量で実現できるものと考えられる。図8に我が国のZixsys社が製作している超小型タグチップを一例として示す。このタグは、マレーシア政府の政策であるM M Mチップの仕様によって0.7mm×0.7mm×70μmで作製されており、周波数帯の選択も可能である。また、アンテナも内蔵している。このようなチップを応用すれば、LCタグの小型化も可能と考えられる。

想定される問題点としては、次の3点が上げられる。

(i). 電力タイマ回路の精度

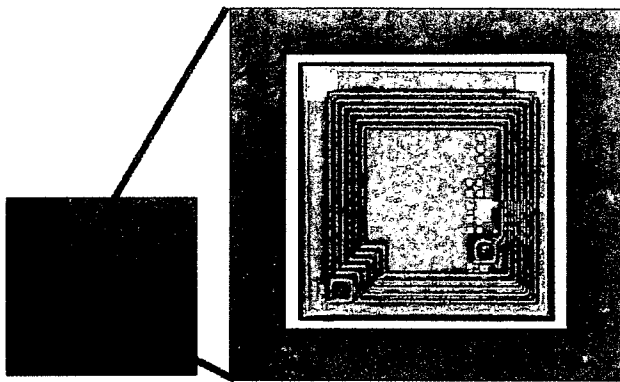


図8 Zixsys社の超小型タグチップの一例

(ii). 新生児室などの環境下での運用安定性
 (iii). 最終的な供給コスト

(i)では、認証の時間的管理を可能とするために、小型のキャパシタと電磁結合充電回路からなる電力タイマ回路を想定している。ここでは、電力の貯蔵先としてキャパシタを想定している。ところが現存するキャパシタは、程度の差こそあれ、リーク電流が発生する。これが大きいと、認証の保証時間長に差が生じてしまう。このため、キャパシタの材質や特性について慎重な検討が必要となる。(ii)については、LCタグの電池容量が比較的小さく発信出力も小さいため、運用環境によっては、反射などの影響で動作が不安定となることが予測される。とくにこのタグが有効に活用されると考えられるER、C・ICU、新生児室は、一般病室とは異なり、電磁波が反射する金属筐体の物品が数多く設置されている。したがって、これを模した環境での動作確認が必要となろう。(iii)については実質的なコストについて検証したい。製造に係るコストが必ずしもタグのコストとはならない。たとえば再利用が可能な場合には、その回数で除した数値が現実的なコストとなる。とくにLCタグのように、「見舞客への貸し出し」「返却」の繰り返しを前提とするならば多数回の繰り返し利用が可能である。このよ

うな回路構成の場合、その再利用回数を決定するのは、キャパシタの安定性であることが多い。このため平成20年度においては、前述の(i)の検討と共に、この繰り返し利用回数についても、電気工学的な側面から検討を進め、真の最終コストを導きたい。

C-4. 欧米の医用ワイヤレスシステム状況

29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society に参加して調査した結果、採択された演題数は応募件数 3000 件に対して、ほぼ 1500 件であった。その中で、何らかの形で医療環境のワイヤレス通信を扱ったものは 50 件程度であった。しかしその中を更に精査すると、電子タグ (RFID タグ、IC タグを含む) を扱ったものは、小職・保坂の研究発表を除き皆無であった。他の研究発表は、すべてが無線 LAN に関わる Wifi 規格の応用研究か、Bluetooth の応用研究であった。この会議は、休暇シーズンの 8 月下旬に、フランスでも屈指の避暑地であるリヨンで開催されており、全世界から関係する分野の研究者が集っている。応募件数が 3000 件という事も、これを裏付けている。しかしそれにも関わらず、電子タグ関連の研究発表が皆無であるということについては、今後も解析を続けたい。

Wifi や Bluetooth は、デバイスの入手が容易であり、一般の研究者でも様々な応用例を試作することができる。しかし電子タグは、多くの場合用途を限定した上で製作されている。したがって、一般の研究者では、これを用いての試作システムの構築が困難である。これが遠因となり、このような会議での発表が認められない可能性もある。その場合でも、各企業内では開発が進行している可能性もあり、継続的な観察の必要性を感じた。

前述のように、過去には、経済産業省の

支援を受けた視察団が欧米諸国を訪れているが、訪問先のほとんどは製薬会社であり、タグメーカは対象の外であった。本来ならば、本研究の主任研究者・分担研究者から成る視察団による視察が不可欠である。タグの添付・運用に係る企業や組織だけではなく、たとえばソキマツ社などのような、タグの開発・製作に係る企業の視察も、極めて重要と思慮された。

小職・保坂は、平成 20 年度にも、IFMBE（国際生体医工学会）の欧州分科会である EMBEC の 2008 年会議（アントワープ）で研究発表の予定である。こちらは、全世界というよりは、欧州に比重がシフトするが、継続的に動向を調査したい。

D. 考察

小職・保坂が分担する研究では、医用電子タグのハードウェアとしての側面から調査・検討を行った。とくに前年度からの繰り越しも含め、電磁雑音の影響の解析を中心に据えて研究を実施した。よく知られているように、電子タグは開発速度が非常に速い。このため、文献に依存しては、最先端の情報が得られない。このため、本年度は、とくに文献以外の情報源からの情報収集に力を注ぎ各種の有益な情報を得た。

パナソニック・システムソリューションズとの情報収集では、医療現場に適したハンディ型ターミナルについての知見を得た。同社では、宅配便ドライバ向けのハンディターミナルを多く生産しており、そのヒューマンインターフェイスは、GUI 化されていないものの、それを凌駕するほどに非常に高度化されている。これを医療環境に適した仕様とすることで、看護師などの現場スタッフの負担となりにくい運用環境が実現される可能性が高い。

また同社が実現した認証システムを、パナソニックの摂津パーツセンターにて見学

した。ここでは、関西地区のパナソニック（ナショナル）製品のサービス活動をすべて手がけている。ここで扱われるサービスマンが持ち出すすべての補修用パーツには、専用の電子タグが添付されている。これにより、パーツ仕訳の合理化が実現している。これらのタグは、500 回までの再利用が可能であり、実質的なコストは 1 円を下回る。同施設の構造は、病院などの医療施設に極めて近く、これらの知見は医療環境にも、十分に応用できるものである。

PLC の国内最大シェアを擁するパナソニック・コミュニケーションズの PLC グループとの意見交換では、将来的なフィルタリングの可能性についての情報が得られた。また必要であれば協力も得られることになった。

パナソニック・コミュニケーションズでは、タグ専従の開発グループも活動している。このグループでは主としてパッシブ型タグを開発している。前述のアンテナ理論まで踏み込んで開発されたタグも、この製品である。これは、平成 20 年度の研究推進に大きく役立つと考えられる。

ナテックとその関連会社である Zixsys は、超小型タグチップや新たな構想の下でのアクティブ型タグの開発に取り組んでおり、これらの各企業と共に、LC タグの開発・試作が実施できるものと考えられる。

これら以外にも、「モバイル分野」「医用生体工学分野」「看護分野」「福祉分野」「統合医療分野」などの各分野に向けた、積極的な情報収集活動により、近視眼的ではない医用電子タグの開発研究の推進に有用な情報が多く得られた。

さらには、医療過誤が多く発生している看護現場の状況を知るため、平成 18 年度より、大阪大学との検討を重ねている。ここでは、一般的な医用物品の認証に止まらず、看護師や部外者などの医療現場でのヒト認

証も対象として、医用電子タグの応用についての検討を進めてきた。その中では、入院病棟を想定しての、看護師の動線解析やタイムスタディまでもを視野に入れている。本年度では、一般病院の入院病棟から範囲を拡大し、終末期医療施設にも注目して医用電子タグの応用可能性を調査し、有用な情報を得た。

E. 結論

様々な検討の結果、フィルタリングが理論的に可能ではあっても、医療環境下でのPLCの利用には慎重さが求められることがわかった。また、様々な新たなタグの開発状況から、今後投入されるタグについて相当程度の有用性が認められることがわかった。平成20年度には、これらのタグを用いて、医療現場、とくに医療過誤が多く発生している看護現場に対してどのように寄与できるのかを明らかにしていきたい。

G. 研究発表

1. 国際会議

(1). R. HOSAKA : An Analysis for Specifications of Medical Use RFID System As a Wireless Communication, Proc. of 29th. Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 2795-2798, 4pages (2007, Lyon)

2. 学会発表

(1). 岩上優美, 今泉一哉, 山下和彦, 保坂良資, 大久保憲: 産婦人科領域におけるセラミック型RFIDによる手術器械管理データベースシステムの開発, 第8回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演概要集, pp.306 (2007)

(2). 保坂良資: 医療福祉用RFIDによるセンサネットワークと電磁特性, 第5回生活

支援工学系学会連合大会論文集, pp.59 (2007)

(3). 岩上優美, 今泉一哉, 山下和彦, 保坂良資, 大久保憲: セラミック型RFIDによる手術器具の情報管理システムの開発, 第5回生活支援工学系学会連合大会論文集, pp.57 (2007)

(4). 保坂良資, 山下和彦, 吉岡稔弘: センサネットワークと医療用RFIDタグ, 第46回日本生体医工学会大会論文集, pp.171 (2007)

(5). 山下和彦, 大林俊彦, 保坂良資, 井野秀一, 伊福部達: 手術現場への医療用RFIDの利用のための基礎的検討, 第46回日本生体医工学会大会論文集, pp.172 (2007)

H. 知的財産の出願
なし

以上

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

| 発表者氏名 | 論文タイトル名 | 発表誌名 | 巻号 | ページ | 出版年 |
|---|--|-----------------------|------------|-----------|------|
| 近藤克幸 | 医療情報システムとICタグの活用 | 情報処理 | 48(4) | 338-343 | 2007 |
| A Matsuda, A Shindo, T Marukami, S Tani, M Miyamoto, H Horio, H Inada | Application of an RFID tag to medical equipment management support - Construction of an operation manual system for medical equipments | Proc. of Medinfo 2007 | | CD-ROM | 2007 |
| 松田淳子, 進藤垂紀子, 谷昇子, 丸上輝剛, 吉田靖, 稲田 紘 | 医用機器へのICタグの応用例 | 情報処理 | 48(4) | 354-358 | 2007 |
| 松田淳子, 谷昇子, 丸上輝剛, 宮本正喜, 堀尾裕幸, 稲田 紘 | 医療機器マニュアルのためのPDFファイル作成システムの構築とその評価 | 第46回日本生体医工学会論文集 | | PS-2-19-9 | 2007 |
| 松田淳子, 稲田 紘 | 電子タグによる医療安全管理 - 医療機器管理を中心にして | 第46回日本生体医工学会論文集 | CD-ROM | SS-9-5 | 2007 |
| 松田淳子, 丸上輝剛, 谷 昇子, 進藤垂紀子, 竹本敬子, 宮本正喜, 堀尾裕幸, 稲田 紘 | 医療機器の安全使用のためのPDA端末によるマニュアル情報の表示 | 第8回日本医療情報学会看護学術大会論文集 | | 107-109 | 2007 |
| 稲田 紘 | 医療機器安全管理のためのマニュアル作成システムと医療機器に関する情報化について | 病院管理 | 44(Suppl.) | | 2007 |
| 松田淳子, 吉田靖, 丸上輝剛, 谷 昇子, 進藤垂紀子, 竹本敬子, 八木隆宏, 松本雅大, 宮本正喜, 堀尾裕幸, 稲田 紘 | 安全管理のための医療機器に関する情報化について | 第27回医療情報学連合大会論文集 | | 1032-1033 | 2007 |

| | | | | | |
|---|--|-------------|----------|---------|------|
| 武田 裕 | 医療IT化の推進に向けて | 治療 | 2008年2月号 | 102 | 2008 |
| Y Matsumura, S Kuwatab, Y Yamamoto, K Izumic, Y Okadac, M Hazumic, S Y oshimoto, T Mineno, M Nagahama, A Fujiia, H Takeda | Template-based Data Entry for General Description in Medical Records | MEDINFO2007 | I (1) | 412-416 | 2007 |
| 武田 裕 | わが国の医療と医療情報システムの展望 | 治療 | 90 (2) | 365-369 | 2008 |

IC タグと医療環境 **2**医療情報システムと
IC タグの活用

近藤克幸 (秋田大学医学部附属病院医療情報部)

医療現場と IC タグ

初の診療報酬マイナス改訂にも象徴されるように、医療を取り巻く環境は大変厳しくなっている。従来以上に医療の質や安全性が問われているばかりでなく、経営的な視点からの効率性も一層求められている。そして、経営的要因だけではなくさまざまな社会的事情にも起因して、人的資源は必ずしも満足のいくほどの充足はなされていない。他方、医療行為の中では多数のモノ、ヒトの照合が必要だが、現状ではその大半が“人の眼”による確認と、“人の手”による記録を基に行われている。このような複雑化する医療と不足する人的資源の中では、「気をつけよう、努力しよう」という気概だけでは、安全性の確保が困難になってきている。そこで、最近ではITを活用した各種の医療支援システムが考案されてきている。しかし、ユーザビリティに難があるシステムは作業効率を落とし、労務負荷を増大させ、人的資源の不足に対してかえってマイナスに動く可能性も出てきている。

最近注目されている無線認証技術：RFID (Radio Frequency Identification) は、無線技術を利用した個体認証技術であり、トレーサビリティとユーザビリティを両立させ得る優れた技術である。我々は、秋田大学医学部附属病院において、無線ICタグを用いた(RFID)注射認証システムを開発・導入し、医療の安全性向上に一定の効果を挙げた。本稿では、システム開発の背景とシステムの実際を紹介したい。

医療現場での課題と実施認証システム

■医療の安全性確保と医療記録の必要性：業務負荷の増大へ

医療機関を受診し、治療を受けるとき、患者は当然「状態が改善すること」を期待しているし、医療者もそれを実現するべく注力している。そこに、何らかの要因でインシデント(ニアミス事例)・アクシデント(医療事故)が

発生し、期待される以外の事象が発生してしまうことは双方にとって不幸以外の何者でもない。すなわち、医療現場での第1の重要な課題は、インシデント・アクシデントの要因を排除し、できるだけ安全に医療を提供し得る環境の構築である。

また、現在は情報公開の時代である。したがって医療機関は、必要な医療が安全に実施されたことをいつでも証明できなければいけない。そのためには、医療行為が確実に、必要な粒度で記録されていることが必要である。すなわち、必要十分な記録が確実に行われることも、医療現場での課題の1つといえる。

しかし現在、医療機関を取り巻く経営環境は非常に厳しく、十分な人的資源を投入することは困難な場合が多い。しかるに、各スタッフへの医療行為の労務負荷が著しく増大しているのが現状である。労務負荷の著しい増大が、インシデント・アクシデントの防止のために必要な確認作業や記録実施の「うっかり忘れ」を加速させていることは、疑いようのない事実である。

そして、厳しい経営環境を改善するためには経営状態や業務内容の分析に基づく改善が必要となり、十分な粒度のデータの集積が必要である。たとえば「誰が、誰に、何を、いつ、どのくらい、どの程度の時間をかけて行ったか」といった粒度の情報が必要となる。業務負荷が問題となっている中で、これらのデータを恒常的に収集しようとする、データ収集のために現場スタッフの負荷が増えるという逆説的な状況すら発生してしまいかねない。

■ベッドサイドでの認証・照合・記録システムの導入

そこで、IT(情報技術)を利用して、インシデント防止や記録の実施補助にコンピュータシステムを有効活用する試みが行われてきた。2000年代になって脚光を浴びてきたバーコードリーダ内蔵型携帯情報端末(Personal Digital Assistance, PDA)によるベッドサイド

認証システムもその一例である¹⁾。薬剤や患者の手首のリストバンドにバーコードを装着し、注射実施時に携帯型端末でそれぞれのバーコードを読み込み、病院情報システム上のデータベースと照合する。投与予定の薬剤に間違いがないかをチェックするとともに、実施した事実をデータベースに記録するものである。

こうしたシステムは、スタッフステーションに設置された病院情報システム端末で各種チェックを行う従前型システムとは異なり、ベッドサイドでの実施時にリアルタイムにチェックすることが可能である。最新の指示内容との照合のほか、隣の患者に間違えて実施しようとするようなミスを事前に防ぐことができ、さらに、記憶に頼ることなく実施内容をその場で記録できるため、その有効性が大いに期待できる。また、実施時に正確に記録されたデータの後利用をもとに、医療機関運営への活用も大いに期待できるシステムでもある。

注射業務への認証システムの導入 ～注射実施時の安全性確保が最優先課題～

秋田大学医学部附属病院(以下、本院と記す)も他の医療機関同様の課題を多々抱えていたことから、我々の施設でも、ベッドサイド認証システムの導入を検討していた。2001年頃のことである。病院業務は投薬、物流管理、処置など多岐にわたるが、まずどの業務範囲においてチェックシステムを導入するのか、から検討を開始した。

(財)日本医療機能評価機構では、全国の医療機関で発生したインシデント事例を収集するとともに、その分析結果を公表している。2005年度版の報告書²⁾によると、インシデントの発生要因としては「確認の不十分」に起因する事例が最多であった。そして、インシデントの発生場所としては「病室」が、発生場面としては「処方・与薬」が最も多かった。すなわち、病室での処方・与薬に関連する確認をいかに確実に実施できるか、ということが、安全な医療を実践する上での大きなテーマの1つといえる。なお、同報告では内服と注射を一括りに集計しているが、誤投与してしまったときの影響の大きさを考えれば、注射薬の誤防止策が特に重要なことは明らかである。

そこで、本院ではまずベッドサイドでの注射業務にPDAを利用した認証システムを導入し、安全管理の向上を最優先課題として実施していくこととした。

バーコードとICタグ(RFID)

■バーコードの問題点：労務負担増大の潜在的 可能性

ICタグが普及していなかった当時ではバーコードが最適解の1つであることは間違いなく、本院でも、検討

を開始した当初はPDAによるバーコード認証システムを考えていた。しかし、光学的認証技術であるバーコードは、ベッドサイドでの利用を考えたとき、ユーザビリティの観点からは多少の疑問があった。すなわち、

- ①小さなリーダを正確にバーコードに向ける必要があること。
- ②血液の付着などで、バーコードが汚染される可能性があること。
- ③リストバンドや柔らかい点滴バッグのような、変形する対象を読み込む必要があること。
- ④就眠中の点滴交換では布団の中に隠れた腕のリストバンドを読み取る必要があること。
- ⑤複数薬剤を混ぜ合わせることも多いが、それをチェックするには薬剤に貼付されたバーコードを1つずつ読み取る必要があること。
- ⑥将来的な物流管理への応用を考えたときも、多数のバーコードをすべて読み取る必要があること。

これらは医療現場では日常的に想定される事象であり、バーコードによる認証システムではスタッフの労務負担を増大させてしまう可能性があった。そのことで、安全管理を目的としたシステムが逆説的に潜在的なリスク要因にもなりかねないと考えたのである。

■ICタグを用いた無線個人認証(RFID)の利点

そこで注目したのがRFIDの技術であった。光学的な読み取り技術のバーコードと比較した場合、無線技術を利用したRFIDでは次のような利点がある。

- ①厳密な方向調整を行わずともある程度読み取りが可能である。
- ②間に遮蔽物があっても読み取りが可能である(材質にもよる)。
- ③多くの情報量の記録、読み取りが可能である。
- ④書き込み、追記も可能である。
- ⑤複数タグの情報をほぼ同時に読み取り可能である。

①の利点から、ICタグにリーダを近づけるだけで読み取りが可能で、ボトルやリストバンドが少々変形していても問題はなさそうである。②の利点から、タグの汚染も問題にならないと思われたし、布団の中に隠れたリストバンドも読み取れる可能性もある。すなわち、最も心配した読み取り操作によるスタッフの負担増を最小限にできると考えた。③や④から、製剤に手が加えられた時に情報を追記することも可能となり、一層トレーサビリティが確保できると思われた。⑤からは、複数の薬剤混注時、すべての薬剤が誤りなく揃っているかを一度にチェックできる“混注チェック台”のような新規デバイスも実現できるかもしれないし、物流管理への応用を行う際には大いに効果を発揮できるだろうと考えた。