

ワイヤレス M2M 向けルータシステムの開発 (第 1.0 版)

本田和明^{†1} 高橋修^{†2}

携帯電話など無線局の急速な増加と高速化により通信コストが下がり、スマートメーターやセンサネットワークとの連携が現実味を帯びて来ている。この、今まさに拡がりつつあるワイヤレス M2M の分野では、環境整備や機器の充実が不可欠である。本研究ではワイヤレス M2M に使用されるアンテナとルータに注目し、より安全に汎用的に使えるルータシステムの研究を目的とする。

Router System Technical Reports for Wireless M2M (Version 1.0)

KAZUAKI HONDA^{†1} OSAMU TAKAHASHI^{†2}

The wireless communication cost became lower by a rapid increase and improvement in the speed of mobile phone wireless network. Therefore, the opportunity to cooperate with a smart meter or a sensor network increased. In the field of wireless M2M just expanded now, expansion of environmental maintenance and apparatus is indispensable. In this research, the antenna and router which are used for wireless M2M are investigated. And this research aims at research of the router system which can be used more safely and more general-purpose.

1. はじめに

近年、ワイヤレス M2M 分野への要求は留まることを知らず、実環境においても多くのデバイスが導入されつつある。M2M とはその名の通り“Machine to Machine”の意であり、人を介さずしてマシンとマシンが通信を行うことをいう。しかしながら、このワイヤレス M2M の分野においては、まだ実運用に耐えうるデバイスが少なく、未だ発展途上の感は否めない。

我が国では、大手移動体通信キャリアおよび MVNO (Mobile Virtual Network Operator) が通信回線を提供しており、料金プランも一部ワイヤレス M2M 専用のものが用意されている。しかし、通信に利用する専用デバイスは未だ少なく、コストも高い。そこで、本研究ではワイヤレス M2M 向けに市場で採用されているアンテナに着目し、実際に使用されているアンテナの実態調査から現状の課題を抽出、市場から求められるアンテナに関し考察する。

2. 実態調査

アンテナコストの高い理由は、ワイヤレス M2M 市場が持つ特殊性にある。利用される環境や用途が様々であるが故、汎用的に使えるアンテナが少なく、量産数量が見込め

ないことが大きい。そこで、より汎用的に使えるアンテナを検討するべく、ほぼ同じ環境にあるにもかかわらず、大きく 2 つのタイプが使用されている自動販売機 (以下、「自販機」という) のアンテナ (図 1) において実態を調査する。

前述したように、国内における自販機には、大きく分けて 2 つのタイプのアンテナが設置されている。1 つは自販機の外に取り付けるタイプの外部アンテナ。もう 1 つは自販機の中に取り付けるタイプの小型アンテナである。本研究では、この代表的な 2 つのアンテナを評価することで、課題を抽出し、考察していく。



図 1 現在自販機に使用されている小型アンテナ

^{†1} (株)IDY

IDY Corporation

^{†2} はこだて未来大学

FUTURE UNIVERSITY HAKODATE



図 2 ワイヤレス M2M に使用されるルータ基板上面



図 3 ワイヤレス M2M に使用されるルータ背面

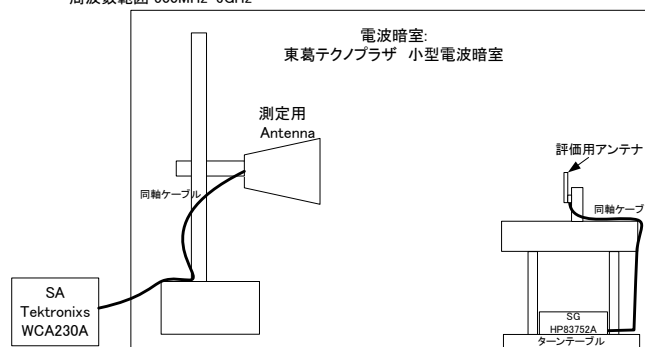
2.1 評価手法

今回の調査では、放射特性というアンテナがどのようにエネルギーを空間に放射（もしくは受信）するかを図示したパターン図（図 4 図 5 を参照）を使い、外部アンテナと小型アンテナの特性を調査する。また、自販機という機械の性質上、金属面へ取り付けられることが多いため、金属板を使用しない自由空間と、金属板に取り付けた場合（図 11 を参照）の放射特性を測定し、自販機に利用する際の課題を抽出する。

測定する周波数は、表 1 の通り、両アンテナを採用している国内通信事業者が使用している周波数の同一バンドから、それぞれ上端・下端の 2 点ずつ、計 6 点とする。

- 824MHz, 885MHz, 1920MHz, 1980MHz
- 2110MHz, 2170MHz

測定用アンテナ
 ホーンアンテナ
 メーカー・型式 Schwarzbeck・BBHA9120E
 周波数範囲 500MHz~6GHz



サイト校正用
 800MHz帯校正用標準アンテナ
 精密ダイポール
 メーカー・型式 Schwarzbeck・UHAP
 周波数範囲 300MHz~1000MHz

サイト校正用
 2GHz帯校正用標準アンテナ
 ダブルリジッドガイド
 メーカー・型式 EMCO・3115
 周波数範囲 1GHz~18GHz

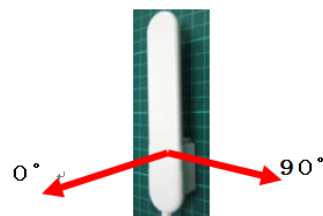


図 4 放射特性測定環境と測定方向

表 1 国内通信事業者使用周波数

Table 1 Mobile Network Operator Frequency Specification.

使用周波数	アップリンク : 824MHz~840MHz ダウンリンク : 869MHz~885MHz	800MHz 帯
	アップリンク : 1920MHz~1980MHz ダウンリンク : 2110MHz~2170MHz	2GHz 帯

2.2 自由空間における放射特性

自由空間における放射特性を外部アンテナ、小型アンテナごとに測定した。

各放射特性によると、図 5 では外部アンテナはキレイな同心円を描いているのに対し、図 6 の小型アンテナでは、利得も低くバラツキがあることがわかる。特に 240 度においては極端に落ち込む Null 点があり、性能が均一に発揮されていない。

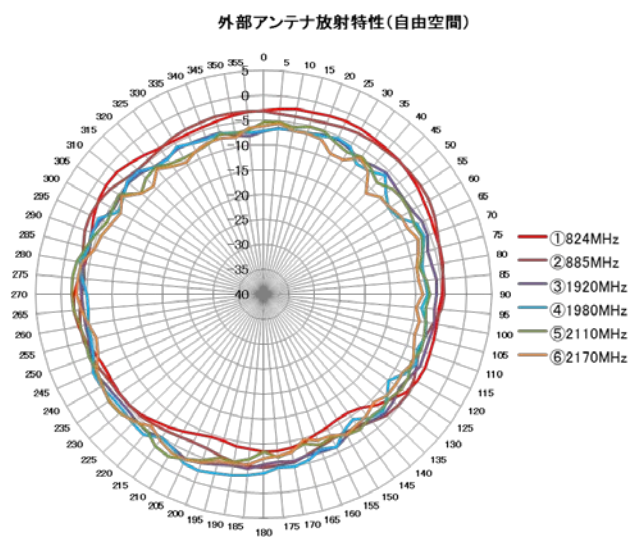


図 5 外部アンテナ放射特性 (自由空間)

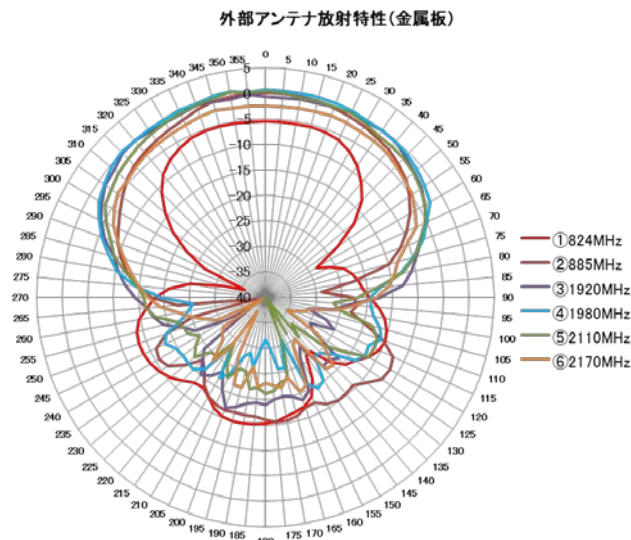


図 7 外部アンテナ放射特性 (金属板)

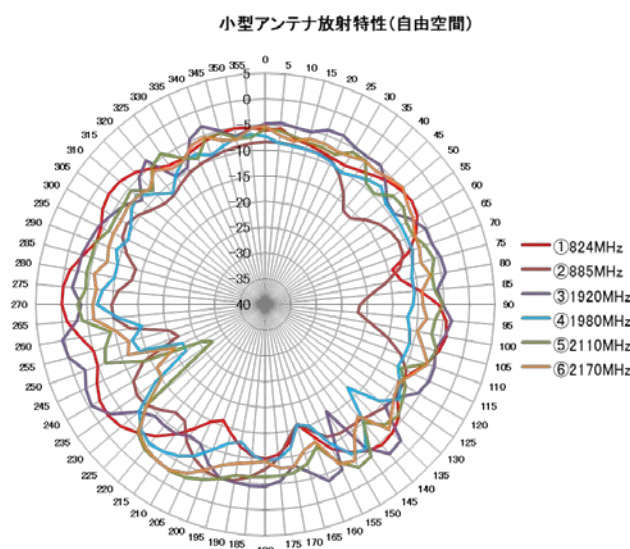


図 6 小型アンテナ放射特性 (自由空間)

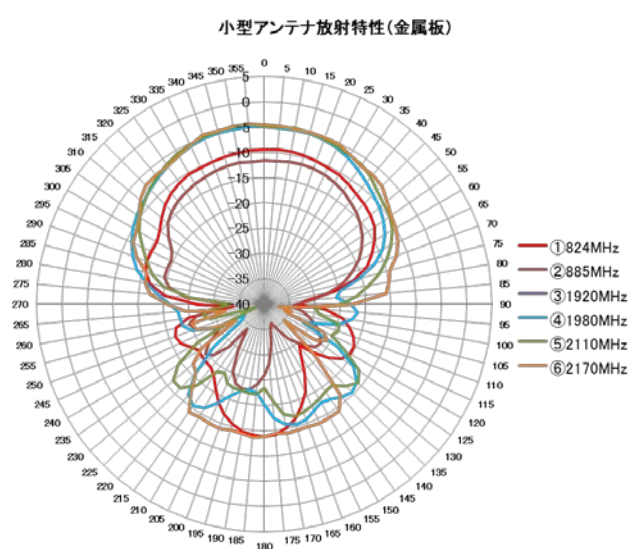


図 8 小型アンテナ放射特性 (金属板)

2.3 金属板取り付けにおける放射特性

金属板に取り付けた際の放射特性を、外部アンテナ (図 7)、小型アンテナ (図 8) ごとに測定した。

金属板へ取り付け際には、70度と290度において特性が大きく落ち込んでいくのがわかる。特に小型アンテナにおいては、全体的な利得も低く、アンテナとしての性能が発揮出来ていない。

2.4 結果と課題

外部アンテナの自由空間 (図 5) においては、非常にキレイな同心円を描いており、優れた特性となっている。小型アンテナ (図 6) においては、いくつかNull点があるものの、ほぼ全方位に対し特性をもっていた。ただ、各アンテナとも周波数により大きなバラツキがあり、均一な特性を保持していない。

また、金属板へ取り付け際には、どちらも大きな性能の劣化が認められた。アンテナという電波を飛ばす性質上、隣接する金属による影響は取り除けない。しかし、金属板への取り付けを予め想定して設計することで、特性を改善することが可能である。現行アンテナにおいては、あ

り物を使用した導入が先行し、取り付け環境は想定されていない。ワイヤレス M2M でアンテナを使用する場合、どのような場所に取り付けられるかは導入案件や環境に依存しており、多くの場合は特に限定は出来ないものになっている。本来、最適な設置を求める場合、携帯基地局からの電波強度を測定し、最適に受信出来る位置に取り付けを行う必要があるが、実際の取り付け現場では、工業者にそこまでの作業は求められない。したがって、導入環境に関わらず一定の性能を発揮出来、工業者が取り付け面を考慮せずに使用出来るアンテナが必要である。

以下、評価したアンテナから抽出した課題である。

- ・広帯域化
- ・自由空間の放射特性改善 (Null 点の撲滅)
- ・金属板を背にした際の特性の向上

3. 実証実験

課題を改善するため、以下手法によって実証実験を行った。まず、ワイヤレス M2M という性質上、アンテナは機器に取り付けて使用されることから、取り付け場所を選ばない汎用的な形が望まれる。また、筆者が自販機用アンテナを研究するにあたり、導入業者にヒヤリングしたところ、特性は良いが、外形が大きくコストも高い外部アンテナより、機器に内蔵出来てコストも安い小型アンテナを使用する傾向があった。よって、使用頻度の高い小型アンテナを評価の基準とし、同形状に納められるサイズのアンテナを試作し、課題を改善することを目的とする。なお、実態調査と同様、評価は放射特性を測定し行うものとする。

3.1 アンテナ要求仕様

実態調査で使用した国内通信事業者のアンテナ仕様を表 2 に示す。

要求される周波数帯域は大きく分けて 2 バンド構成となっている。よって、本実証実験ではマルチバンドの単一型基板アンテナとして試作を行う。また、外形を小型アンテナ同等とし、従来品と同じ設置が出来ることを目指す。金属板へ取り付け際の特性向上に関しては、アンテナ基板のパターンを太くすることで、アンテナマッチング用のパッド形状を最適化し特性向上を目指す。

試作アンテナの仕様を以下とする

- ・基板は 1.6mm 厚の FR-4 を設定
- ・比誘電率：4.5 誘電正接：0.02
- ・基板寸法：123.5×22.5×1.6mm 以内

表 2 国内通信事業者アンテナ仕様

Table 2 Mobile Network Operator Antenna Specification.

項目	規格	備考
型式及び構成	単一型(V), λ , $1/2\lambda$, $1/4\lambda$, $3/8\lambda$, $1/8\lambda$ いずれか	
使用周波数	アップリンク： 824MHz～840MHz ダウンリンク： 869MHz～885MHz	800MHz 帯
	アップリンク： 1920MHz～1980MHz ダウンリンク： 2110MHz～2170MHz	2GHz 帯
特性インピーダンス	50Ω	
VSWR	1.9 以下	
水平面内指向性	無指向性	
利得	3dBi 以下	2GHz 帯： 1700MHz～2200MHz
コネクタ	SMA-P	
ケーブル	ケーブル長：2.5m	
耐電力	1W 以上	
使用温度	-20℃～90℃	
屋外使用	防水：IPX6 相当	

3.2 試作アンテナのシミュレーション

作成した仕様を元に、シミュレーションモデル (図 9) によりアンテナ形状を確認する。対応する周波数の中で最も長い 800MHz 帯の波長は約 350mm であるため、 $1/2$ 波長でも 170mm 以上あり、小型アンテナと同型のケースには入らない。したがって、アンテナエレメントの先端を折り曲げることで小型化を図ることとする。

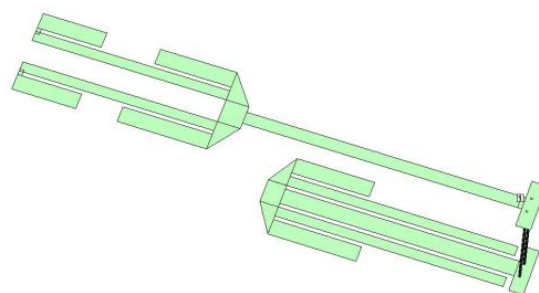


図 9 試作アンテナシミュレーションモデル

3.3 試作アンテナの測定

本来、アンテナの評価は誘電体である筐体（ケース）の設計と併せて行うが、本試作では ABS 樹脂のケース（図 10）を使用し、測定を行った。

自由空間（図 12）、金属板取り付け時の放射特性（図 13）をみると、全体的に利得が向上しており、自由空間では小型アンテナで見られた Null 点も現れていない。



図 10 ABS 樹脂を用いた試作アンテナケース

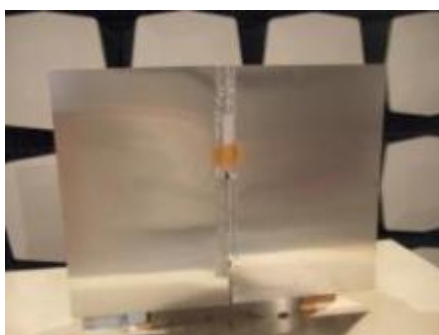


図 11 金属板取り付け状態

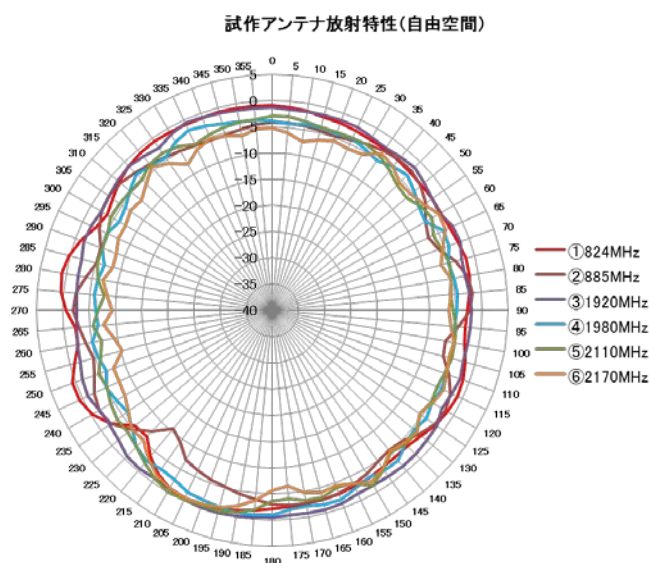


図 12 試作アンテナ放射特性（自由空間）

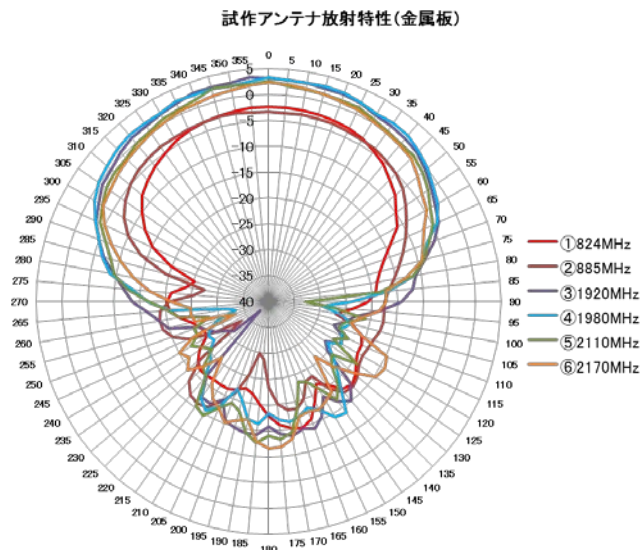


図 13 試作アンテナ放射特性（金属板）

3.4 結果と考察

測定した結果を元に、周波数ごとに外部アンテナおよび小型アンテナと比較した。自由空間ではすべての周波数においてキレイな同心円が描けており（図 14 図 15 図 16 図 17 図 18 図 19）、小型アンテナの一部周波数帯域に見られるような Null 点はない。また、本実証実験で比較対象アンテナとして想定しなかったが、外部アンテナと比較してもほとんどの周波数帯域および角度において同等かそれ以上の特性が得られた。金属板取り付け時のデータ（図 20 図 21 図 22 図 23 図 24 図 25）においては、取り付けした金属側の面において小型アンテナ同様に大きく特性が劣化しており、70度と290度から利得が落ち込む傾向は変わらない。しかし、全体的な特性が向上しているため、小型アンテナより劣化が抑えられ、特性が向上しているといえる。なお、今回の実証実験では、パターンを太くすることで広帯域化を図ったが、結果的に高利得となり、金属板取り付け時の劣化も抑えられ、外部アンテナと比べても優れた特性を出すことが出来た。これらのことより、ワイヤレス M2M 用アンテナを設計する場合には、小型化と広帯域化により、実運用に耐え得る汎用性を確保出来ることがわかった。

824MHz帯における放射特性比較(自由空間)

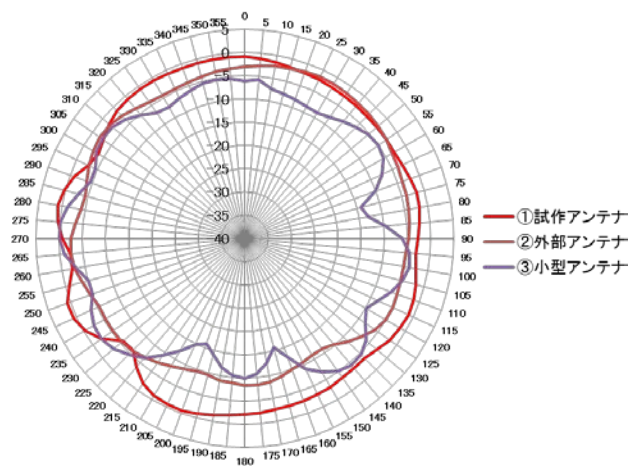


図 14 824MHz における放射特性比較 (自由空間)

1980MHz帯における放射特性比較(自由空間)

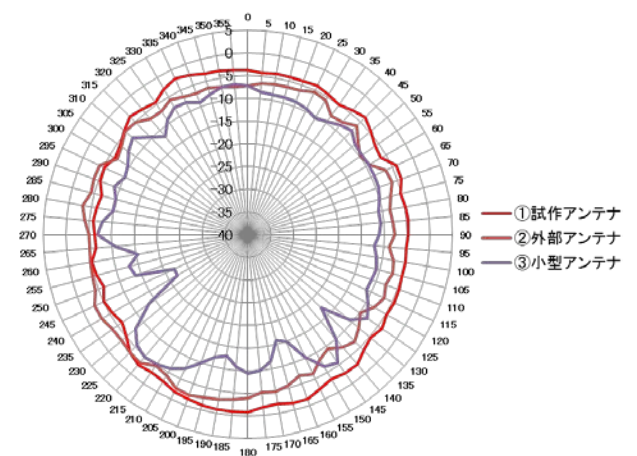


図 17 1980MHz における放射特性比較 (自由空間)

885MHz帯における放射特性比較(自由空間)

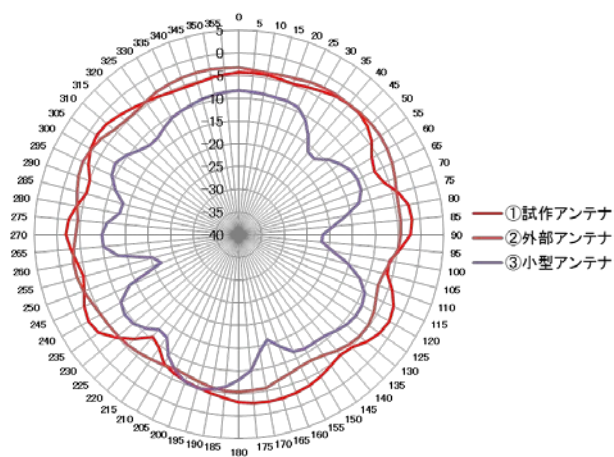


図 15 885MHz における放射特性比較 (自由空間)

2110MHz帯における放射特性比較(自由空間)

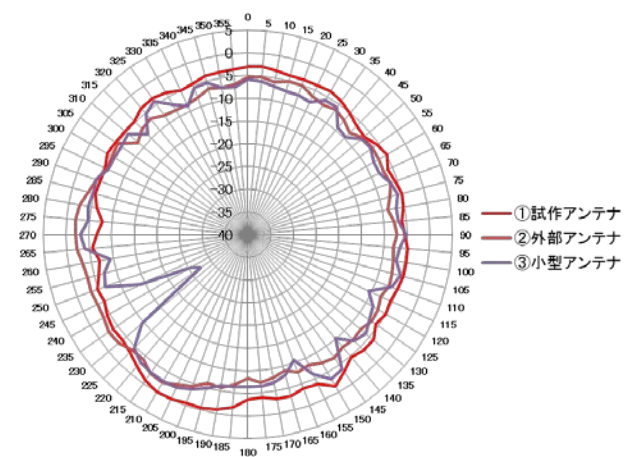


図 18 2110MHz における放射特性比較 (自由空間)

1920MHz帯における放射特性比較(自由空間)

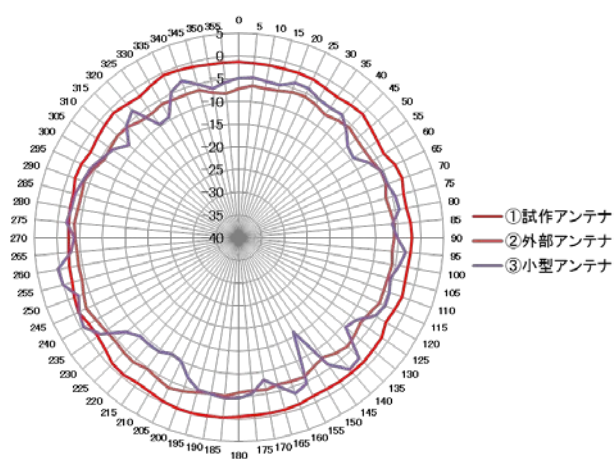


図 16 1920MHz における放射特性比較 (自由空間)

2170MHz帯における放射特性比較(自由空間)

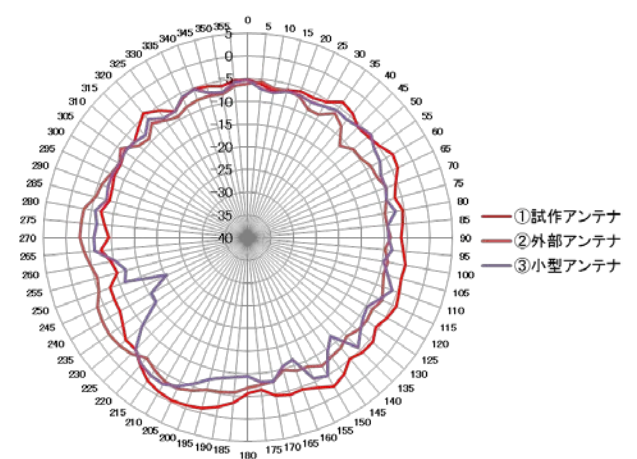


図 19 2170MHz における放射特性比較 (自由空間)

824MHz帯における放射特性比較(金属板)

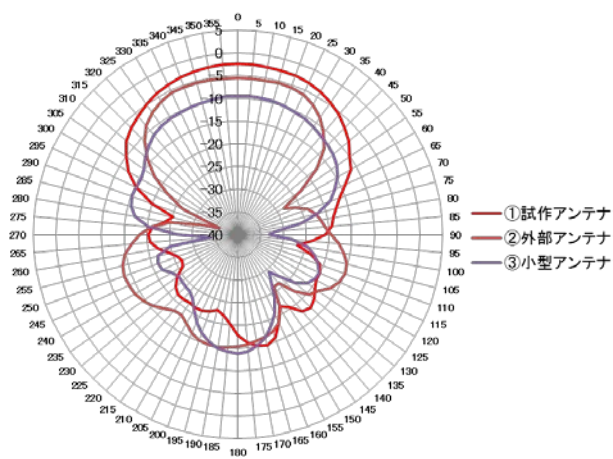


図 20 824MHz における放射特性比較 (金属板)

1980MHz帯における放射特性比較(金属板)

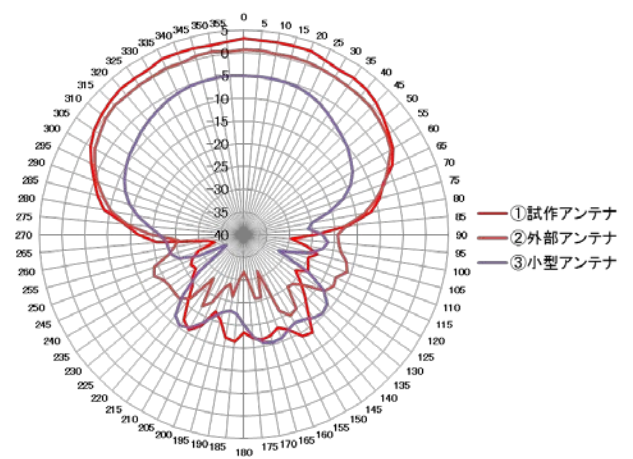


図 23 1980MHz における放射特性比較 (金属板)

885MHz帯における放射特性比較(金属板)

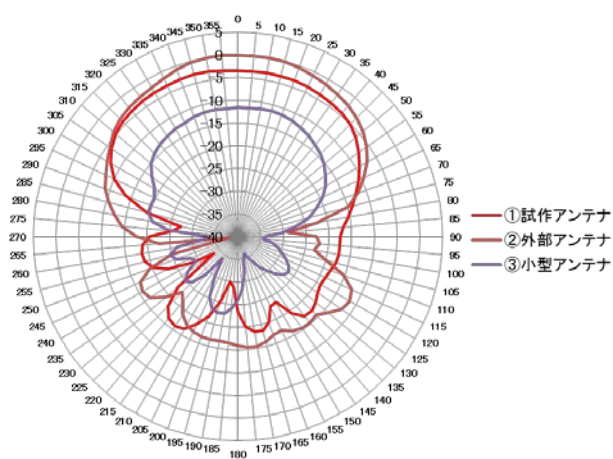


図 21 885MHz における放射特性比較 (金属板)

2110MHz帯における放射特性比較(金属板)

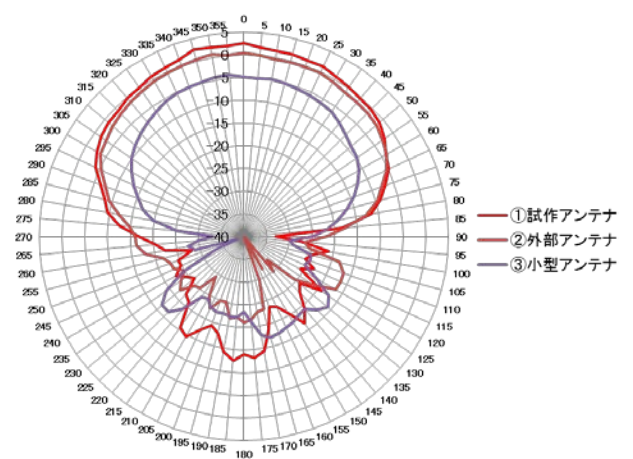


図 24 2110MHz における放射特性比較 (金属板)

1920MHz帯における放射特性比較(金属板)

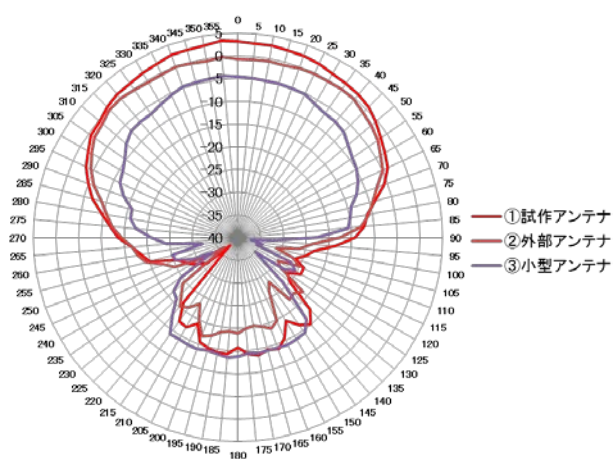


図 22 1920MHz における放射特性比較 (金属板)

2170MHz帯における放射特性比較(金属板)

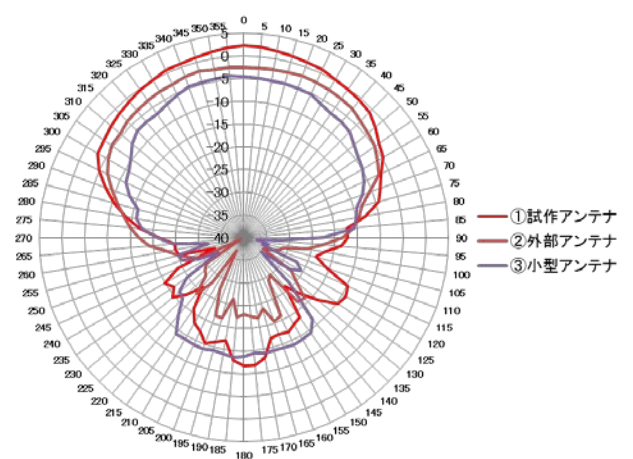


図 25 2170MHz における放射特性比較 (金属板)

3.5 今後の課題

本研究では、実証実験において ABS 樹脂のケース（図 10）を使い測定を行った。量産に進める場合には、専用のケースを設計し、再測定が必要となる。また、試作は手作り品であるため、細心の注意を払って測定はしているが、誤差やバラツキも含まれる。特に、同軸ケーブルの取り付けや取り回し（図 26）など、インピーダンスに大きく影響を与える箇所は、アンテナの性能に直結するため、同特性を維持するため位置出しを容易にする工夫が必要である。

今後の課題

- ・ GND の半田付け部の拡張
- ・ 上下ケースによる同軸ケーブルの固定
- ・ 収縮チューブ等で同軸ケーブルを固定
- ・ 金属板への取り付け方による違い

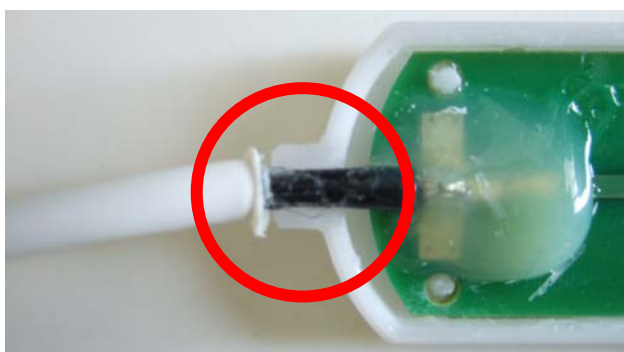


図 26 同軸ケーブルの固定（今後の課題）

4. まとめ

ワイヤレス M2M では、機器自体が特殊用途向けに開発されているものが多く、また、通信自体はあり物を組み合わせることが多いため、アンテナの設計そのものに着目することが難しい。通信自体は出来て当たり前という中で、如何に実運用に耐え得る機器を提供出来るかが、市場における大きな課題であろう。本研究では、市販されている小型アンテナを基準に改善を図ったが、同サイズでこれ以上の特性を向上させるのは現実的に難しい。更なる特性の向上を目指す場合には、コストとの兼ね合いではあるが、広

帯域バラン入れ、アンテナからの放射効率を上げることが考えられる。

しかし、本研究では、得られた成果により、より汎用的に利用出来るワイヤレス M2M 向けアンテナへの 1 つの指針が提案出来た。アナログ周波数の停波や電波割り当ての再編により、広帯域化は携帯通信ネットワークからも求められる重要な要件となる。金属板への取り付け方も、引き続き議論されていく課題であろう。また、本研究では触れられなかったが、特性を改善したアンテナがルータシステムに与えるデータの収集も、今後の課題である。引き続きワイヤレス M2M 向けルータシステムを研究して行く中で、本研究が貢献出来ることを期待し、まとめとさせていただきます。

謝辞 本研究にアドバイスをいただいた株式会社ワイヤレスデザイン鎌田浩史様、また評価にご協力いただいた株式会社 IDY 川津武志様、萩原千夏様、村上一生様に慎んで感謝の意を表す。

付録

付録 A.1 更新履歴

版数	更新内容
V1.0	2012-09-14 初版