

金属板を用いた Wi-Fi 電波の指向性操作

一戸建てにおける実施例と評価

2017SC024 加藤亮介 2017SC085 梅田翔央

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

Wi-Fi とは、ケーブルを使わずに機器同士のネットワーク接続を可能にした無線 LAN の規格のことであり、生活をする上でとても便利なものとなっている。そして Wi-Fi ルータは、インターネットを屋内、屋外問わず使用する人々の生活には欠かすことができないものであり、その普及率は 54.4% にもなっている [1]。しかし、Wi-Fi などの無線 LAN のような電波を利用した屋内無線通信は電化製品の妨害電波やガラス、壁等の反射による電波干渉が発生し、受信電力が低下する問題が起こる [2]。このような無線通信環境の問題を解決する方法として、パーティションや電波吸収体を使用する方法が検討されている [3]。しかし、一戸建てではパーティションを置くスペースがなく、電波吸収体は高価なものである。そこで、本研究では比較的安価な金属板で電波を反射させることで、簡易的なビームフォーミングを実現し、屋内電波の通信環境を改善する。

2 研究の流れ

本研究は、著者らの家の Wi-Fi が金属板を使うことで、どれほどの指向性を操作できるのかを検討する。本稿では、アンテナの放射パターンや S -parameters のシミュレーションを XFDTD で行い、家のモデリングと各自の家の Wi-Fi の電波強度分布を Wireless InSite で作製する [4][5]。XFDTD は多様な電磁波問題をシミュレーションするための強力なソリューションを提供する 3 次元電磁界解析ソフトウェアである。また、Wireless InSite とは、都市、郊外および屋内の 3 次元モデルにおいて、高速高精度かつグラフィカルな電波伝搬シミュレーションを行うことができる解析ツールである。これらを用いて指向性操作を試みたシミュレーションを行い、金属板の有無で、Wi-Fi の電力の計測を行い、電波環境の改善を行っていく。

3 XFDTD による放射パターンとアンテナの S -parameters のシミュレーション

本節では、XFDTD による放射パターンとアンテナの S -parameters のシミュレーションについて説明する。アンテナの給電点近傍に縦 25 cm × 横 40 cm のアルミニウム板を半分に折り、角度 120° になるように設置する。アルミニウム板を選んだ理由としては、比較的安価であること、入手が容易であること、加工が容易であることの 3 点から選択した。アルミニウム板によって電波を反射させることで、簡易的なビームフォーミングを実現し、屋内電波の通信環境を改善するためのアルミニウム板とアンテナの給電点の距離を確かめる。そのためにアンテナの給電点と

アルミニウム板の距離を変更してそれぞれの距離の放射パターンとアンテナの S -parameters のシミュレーションを XFDTD で行った。ここでの距離は、Wi-Fi に用いられる周波数 2.4GHz の波長である 12.5 cm を参考に設定した。2.25 cm [6]、 $\lambda/4$ である 3.125 cm、 $\lambda/2$ である 6.25 cm、アルミニウム板が存在しない 4 つの場合の放射パターンと、2.25 cm、3.125 cm、6.25 cm の S -parameters を図 1、図 2 に記載する。図 1 より、2.25 cm、3.125 cm、6.25 cm がアルミニウム板による反射波の影響を受け、アルミニウム板が存在しないときと比べて一方向に電波が集中した。また、図 2 より、アルミニウム板が設置されている状態のなかで 3.125 cm が反射係数の値が最も小さく、アンテナとしての放射効率が良い。よって、実測はアンテナの給電点とアルミニウム板の距離が 3.125 cm の状態で行うこととする。

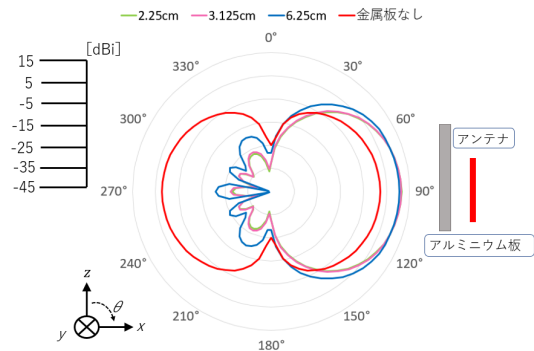


図 1 放射パターン比較

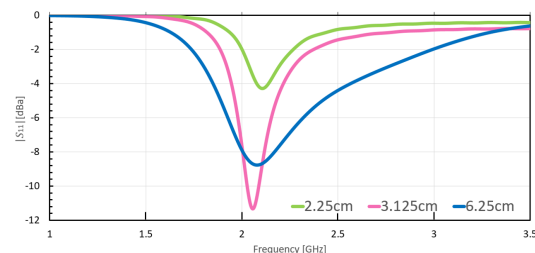


図 2 S -parameters の比較

4 Wireless InSite によるアルミニウム板を用いたシミュレーション

本節では、著者らによる、Wireless InSite を用いた、各自の家のモデリングとシミュレーションについて説明する。

4.1 家のモデリング

家のモデリングをするにあたって、各自の家の設計図を入手し、それをもとにモデリングを行った。Wireless InSite には、鉄筋、コンクリート、木材などといった様々な材質データが搭載されているため、精度の高いモデリングが可能である。実際に作製した各自の家のモデルを図 3 に記載する。図 3(a) のモデルは加藤亮介、図 3(b) のモデルは梅田翔央がそれぞれ Wireless InSite で作製したものである。

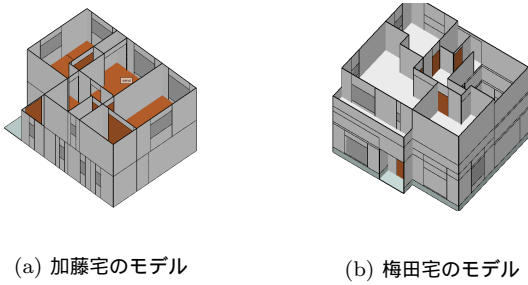


図 3 両家のモデル

4.2 Wireless InSite による送信点と受信点の設定

各自の家のモデルを使用し、Wireless InSite でアンテナの給電点と受信点の設定を行い、図 4(a)、図 4(b) のように座標 (x, y, z) を設定した。シミュレーションは、アンテナの給電点を加藤宅のモデルの 1 階 $(x, y, z)=(7, 6.2, 0.9)$ 、梅田宅のモデルの中 2 階 $(x, y, z)=(8.1, 7.24, 3.27)$ の地点に設定し、受信点を図 5(a)、図 5(b) のように各階の床から 1 m の高さに、 xy 平面で間隔 0.12 m ずつ置いたもので行った。受信点間隔 0.12 m の解析は、4.3 節の受信電力強度分布の出力の際に使用する。

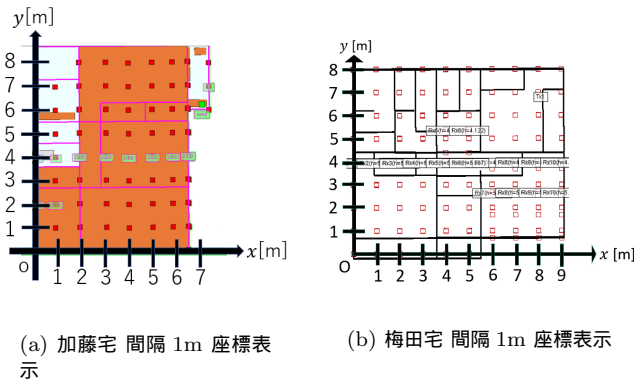


図 4 両家 間隔 1m 座標表示

4.3 アルミニウム板を用いたシミュレーションの結果と評価

3 節より、金属板の種類をアルミニウム、アルミニウム板の大きさを縦 25 cm × 横 40 cm、角度 120 度、アンテ

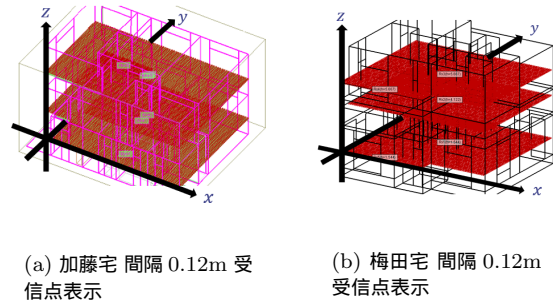


図 5 両家 間隔 0.12m 受信点表示

ナの給電点とアルミニウム板の距離を 3.125 cm として、Wireless InSite 内でシミュレーションを行う。アルミニウム板とアンテナの位置関係を図 6(a) に、アルミニウム板と両家のモデルの位置関係を図 6(b)、図 6(c) に記載する。またシミュレーションで設定したパラメータは波形が正弦波、アンテナの種類は垂直ダイポールアンテナ、アンテナの長さはそれぞれ加藤宅 17 cm、梅田宅 13 cm、周波数は 2.4GHz である。結果を図 7 ~ 図 10 に示す。ここで受信電力を P [dBm] とすると図 7、図 8 より、A、C の範囲で電力が $-70 \leq P \leq -60$ の領域が最大 10 dBm 増加している。また、B の範囲で電力が $-90 \leq P \leq -80$ の領域が最大 20 dBm 増加している。図 9、図 10 より、D の範囲で電力が $-60 \leq P \leq -50$ の領域が最大 10 dBm 増加している。E の範囲で電力が $-50 \leq P \leq -40$ の領域が最大 10 dBm 増加している。そして、F の範囲で電力が $-70 \leq P \leq -60$ の領域が最大 20 dBm 増加している。よってアルミニウム板による影響で Wi-Fi の電波強度が向上していると評価できる。したがって、実測もシミュレーションで検討したアルミニウム板サイズ及び配置で行うこととする。

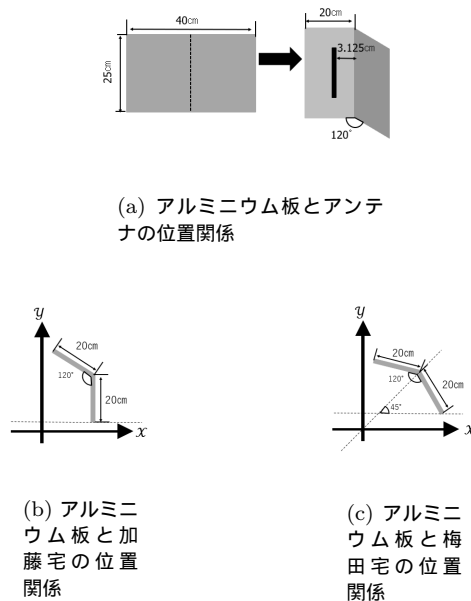


図 6 アルミニウム板の位置関係

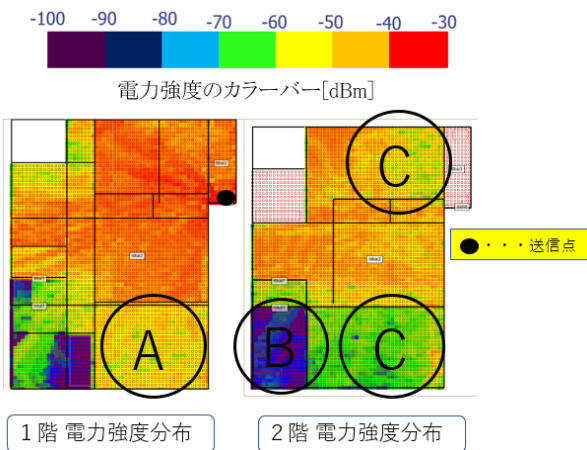


図7 加藤宅 シミュレーション アルミニウム板なし

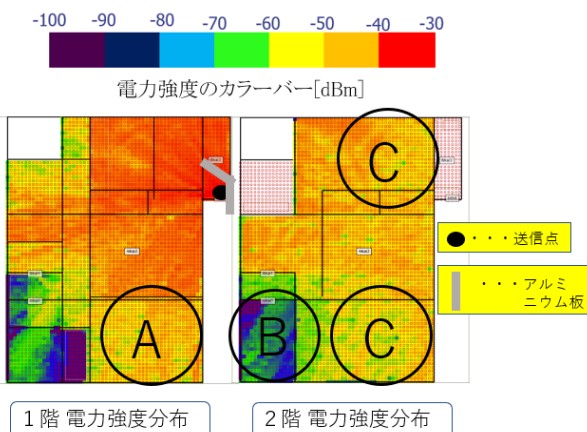


図8 加藤宅 シミュレーション アルミニウム板あり

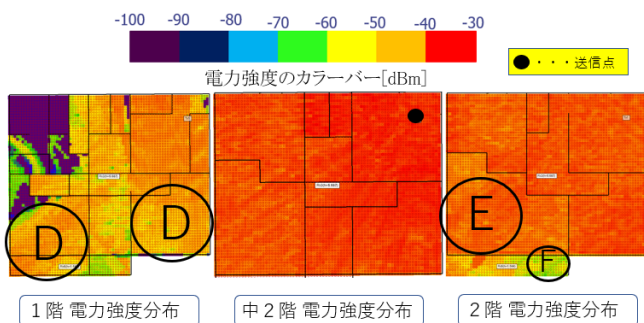


図9 梅田宅 シミュレーション アルミニウム板なし

5 金属板の有無に起因する電波強度の差異

本節では、著者らの家で実際にアンテナの給電点近傍に金属板を設置したときの実測値と、設置しなかったときの実測値を比較することで、金属板を設置することについてどれほどの効果があるか評価する。

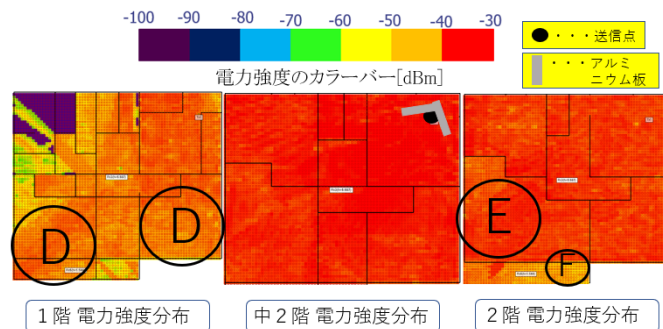


図10 梅田宅 シミュレーション アルミニウム板あり

5.1 実測値

計測に使用した機器は RF Explorer- 3Gcombo である [7]。RF Explorer- 3Gcombo は、すべての一般的な周波数帯で測定するための非常に手頃なツールであるハンドヘルド型のデジタルスペクトラムアナライザである。計測の方法は、両名の家において等間隔に9カ所を選択し、各階の床から1mの高さで計測した。また、使用したルータを図11に記載する。指定した9箇所で計測した金属板が存在する場合と存在しない場合を比較したグラフを図12~図16に記載する。図4(a)、図4(b)で示した通り、図12~図16の横軸にある座標は、 xy 平面の座標を (x, y) で示したものである。



(a) 加藤宅のルータ

(b) 梅田宅のルータ

図11 両家のルータ [8][9]

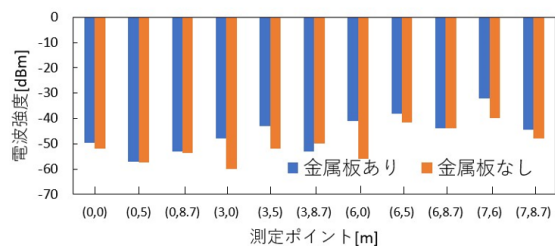


図12 加藤宅1階のアルミニウム板の有無での比較

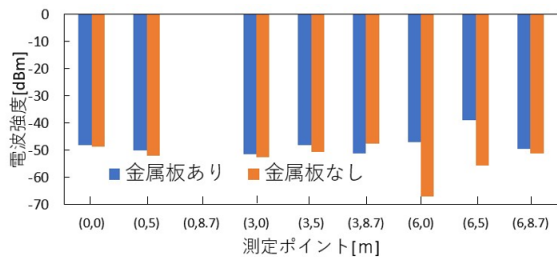


図 13 加藤宅 2 階 のアルミニウム板の有無での比較

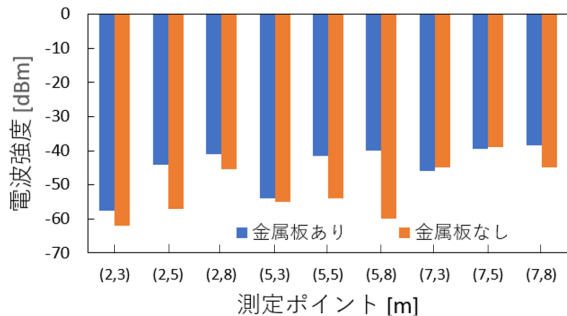


図 14 梅田宅 1 階 のアルミニウム板の有無での比較

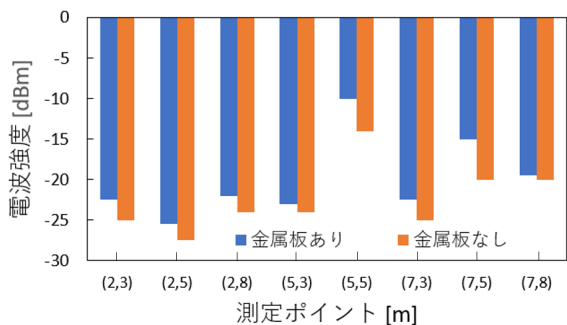


図 15 梅田宅 中 2 階 のアルミニウム板の有無での比較

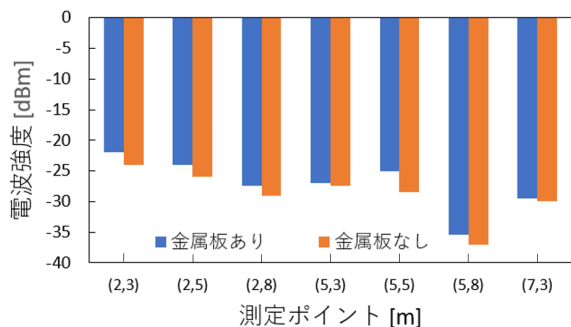


図 16 梅田宅 2 階 のアルミニウム板の有無での比較

5.2 考察

図 12 ~ 図 16 の結果から、金属板の有無で電力が最大 20 dBm 増加し、両家で平均約 4.1 dBm 増加した。しかし、両家の 4 箇所改善が見られなかった。この 4 箇所は共通して金属板の延長線上に位置しておりそのことが原因と考えた。

6 おわりに

本研究では、Wi-Fi などの無線 LAN のような電波を利用した屋内無線通信における電化製品の妨害電波やガラス、壁等の反射による電波干渉の発生による受信電力の低下に着目し、金属板で反射させることで、簡易的なビームフォーミングを実現し、屋内電波の通信環境を改善することを目的として研究を行った。実測結果から金属板の有無で電力が最大 20 dBm 増加し、両家で平均約 4.1 dBm 増加した。よって、縦 25 cm × 横 40 cm、角度 120° のアルミニウム板とアンテナの給電点の距離を 3.125 cm としたときに金属板の前方向の電波強度の増加を可能にし屋内の電波環境の改善ができる。しかし、両家の金属板の延長線上に位置する箇所の改善ができなかった。今後は、アルミニウム板の厚さや大きさをかえることで放射パターンにどのような影響があるかをシミュレーションし、実測を行う予定である。

参考文献

- [1] “平成 25 年通信利用動向調査の結果,” 総務省, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a/h25doukou.html>, 参照 Sep.8, 2020.
- [2] 唐沢好男, “屋内電波理解の勘所 - 伝搬とシステムの接点領域を探る-,” <http://www.radio3.ee.uec.ac.jp/KKE-Vision-2008-mod.pdf>, 参照 Sep.8, 2020.
- [3] 上野敬峰, 小熊直樹, 三枝健二, “電波吸収パーティションを用いた屋内伝搬環境の改善に関する一検討,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J91-B, No.11, pp.1459-1468, Aug.2008.
- [4] “XFdtd 3次元電磁界解析ソフトウェア,” 構造計画研究所 <https://www.kke.co.jp/solution/theme/xfdtd.html>, 参照 Sep.8, 2020.
- [5] “Wireless InSite 電波伝搬解析ツール,” 構造計画研究所 <https://www.kke.co.jp/solution/theme/wireless-insite.html>, 参照 Sep.8, 2020.
- [6] 掛札祐範, 新井宏之, “幅広無給電素子を配置したコーナーフレクタアンテナの設計,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J90-B, No.9, pp.837-843, Sep.2007.
- [7] “RF Explorer 3G Combo Spectrum Analyzers,” seeed studio <https://www.seeedstudio.com/RF-Explorer-3G-Combo-p-1266.html>, 参照 Sep.8, 2020.
- [8] “ソフトバンク J18V150.00,” トリセツ, <https://torisetsu.biz/products/0000014493/>, 参照 Sep.8, 2020.
- [9] “WXR-1750DHP2 シリーズ,” BUFFALO, <https://www.buffalo.jp/product/detail/wxr-1750dhp2.html>, 参照 Sep.8, 2020.