

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2009～2012

課題番号：21686035

研究課題名（和文） モバイル機器の電波送受信時のイライラを解決するアンテナ技術

研究課題名（英文） A study of Antenna technologies which can be solutions to improve communication failure of mobile wireless communication devices

研究代表者

松永 真由美 (MATSUNAGA MAYUMI)

愛媛大学・大学院理工学研究科・講師

研究者番号：30325360

研究成果の概要（和文）：移動通信携帯端末の通信性能を向上させるアンテナの開発を行った。開発したアンテナは、(1)周波数と偏波が多周波で共用可能、(2)10dB 以上のリターンロス、(3)100 度以上の半値ビーム幅、(4)放射利得 1dB 以上、(5)円偏波軸比 3dB 以下、(6)アンテナサイズ $\lambda/10$ 以下、(7)バランおよびインピーダンス整合回路が不要、(8)近接金属による性能劣化低減、などを達成した。試作・実験により、これらの性能が理論通り達成されていることも確認した。

研究成果の概要（英文）：An antenna that can enhance the communication characteristics of mobile wireless devices has been developed. The antenna has achieved the targets that it can be used at multi-polarization in multi-frequencies, its return loss characteristic is 10 dB or more, its half power beam width is 100 degrees or more, its radiation gain is 1 dB or more, its axial ratio is 3 dB or less, its size is $\lambda/10$ or less, it can be fed by coaxial cables directly without any baluns and impedance matching circuits, it is not affected by metal plates locating closely. Those characteristics have been verified by testing the prototype antennas in practice.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2010 年度	9,600,000	2,880,000	12,480,000
2011 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2012 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
総計	20,500,000	6,150,000	26,650,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、通信・ネットワーク工学

キーワード：移動通信、小型アンテナ、マイクロ波・ミリ波、高速大容量無線通信、ユビキタス

1. 研究開始当初の背景

| 近年、RFID や PDA、携帯電話、GPS やワン

セグ端末などの無線携帯端末が普及しているが、情報の読み書きに時間がかかる、うまく送受信ができないなど、人をイライラさせることがよくある。一方で、人々がこのような無線携帯端末に求める要求は日々高まっており、(1) 電車もバスも飛行機も、IC 乗車券を鞆や服のポケットから取り出さずにスムーズにチケットレスで乗車、(2) 大容量の音楽データなどを瞬時に携帯プレーヤにワイヤレスで転送、(3) 高画質、高音質で相手の顔を見ながらの電話、など快適かつ高速で大容量の無線通信技術なくしては実現しえないものばかりである。

2. 研究の目的

HF 帯からミリ波帯を利用した無線携帯端末の電波の送受信特性を向上させる、高効率でかつ方向依存性の無い、小型平面アンテナの開発を目的としている。近年、RFID やスマートフォンをはじめとする多種多様な無線携帯端末が普及している。これに続く次世代大容量超高速無線通信の発展においては、通信の正確性、更なる高速化、大容量化が解決すべき重要な課題である。本研究は、これらの問題をアンテナの性能改善の観点から改善を試みようとしている。まず、(1)放射および受信効率が良く、(2)全方向放射特性を有し、(3)周波数帯域幅が広い、(4)小型平面アンテナの開発を行う。次に、偏波や周波数が共用出来るアンテナの開発を行う事で、無線携帯端末内にひしめき合う複数のアンテナを一本化する。最後に、実用化をにらんだアンテナの開発にも挑む。

3. 研究の方法

本研究は次の3ステップに段階を踏んで遂行した。

まず、(1)UHF 帯からマイクロ波帯において利用可能な、全方向性アンテナの受信効率の改善、小型化、偏波特性の改善を、これまでに研究代表者らが発明したアンテナであるクロススパイラルアンテナを基本形として電磁界シミュレーションにより行った。

次に、(2)クロススパイラルアンテナ形状には、偏波共用という可能性が存在することを見だし、小型で簡便な構造でありながら、偏波と周波数が共用出来るアンテナの開発を行った。

また、(3)上記までで、高効率化および周波数及び偏波の共用化が可能となったアンテナを、性能をそのままに極限まで小型化した。

最後に、(4)アンテナの実用化の際には欠かせない、給電方法の簡便化を、平衡不平衡変換およびインピーダンス変換回路のアンテナへの組み込みという視点で取り組んだ。更に、近接金属の影響を低減する設計にも取

り組んだ。

上記(1)から(4)の研究方法においては、電磁界解析を通して物理的動作原理を理解しながら開発に取り組むと同時に、試作アンテナを用いて、実験を繰り返し、実用化をにらんだ研究手法で取り組んだ。

4. 研究成果

動作原理を十分に把握しながら電磁界解析に基づき開発を実施したことで、まず、(1)アンテナエレメントの形状やサイズにより受信効率や偏波特性の制御手法を見いだした。また、動作原理上、必要不可欠なアンテナエレメントと、それほど重要では内エレメントを見だし、小型化に成功した。

次に、(2)円偏波と直線偏波が3周波以上の周波数帯域で共用出来るアンテナの開発に成功した。円偏波は、軸比3dB以下を達成しており、直線偏波特性も交差偏波レベルが-20dB以下を達成した。更に、直線偏波は、周波数ごとに、主偏波の角度を制御することが可能なアンテナへと発展させる事ができた。

また、(3)放射利得や偏波特性、リターンロス特性などのアンテナ特性はそのままに、面積比が従来に比べ約20%の小型アンテナの開発に成功した。これは、半波長アンテナと同等のアンテナ特性を有しながら、アンテナ1辺の長さが波長の1/10以下を達成したといえる。

最後に、(4)平衡不平衡変換(バラン)とインピーダンス変換回路を兼ねた給電手法を提案した。この給電方法を採用することで、ループアンテナでありながら、同軸線路により直接給電することが可能となる。更に、小型化、および、給電方法の工夫の際に採用した構造が、近接する金属がアンテナに与える影響を低減することを発見した。つまり、一般的には、ループアンテナに金属をパッチアンテナのグラウンド面の様に近接させると性能が劣化するのであるが、性能をそのままに、ループアンテナの近傍に、グラウンド面の様な金属を配置させることに成功した。この構造に工夫を加えることで、近接金属の影響を低減することを可能にした。

得られた研究成果は、企業との共同研究契約により実用化に向けた開発を進めている。また、成果が認められ、NE ジャパン ワイヤレステクノロジー アワード優秀賞を受賞するに至った。研究成果の詳細は、国際会議論文や国内国外での特許申請した他、国際標準化寄与文書としての提案も行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- (1) Mayumi Matsunaga, “A Dipole-Fed Multi-Band Spiral Antenna”, Proceedings of 2013 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 掲載決定, 2013
- (2) Mayumi Matsunaga, “A Dipole-Fed Multi-Polarization Spiral Antenna Including a Coaxial Feeding Element”, Proceedings of the Seventh European Conference on Antennas and Propagation, 査読有, 2013, pp. 3802 - 3805
- (3) Mayumi Matsunaga and Toshiaki Matsunaga, “A Multi-Polarization Multi-Band Cross Spiral Antenna for Mobile Communication Devices”, Proceedings of the International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2012, pp. 299 - 302
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6393911&isnumber=6393716>
- (4) Mayumi Matsunaga and Toshiaki Matsunaga, “A Dual-Polarization Single-Layered Antenna for GPS and ISM Bands”, Proceedings of 2012 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2012, pp. 1 - 2
DOI: 10.1109/APS.2012.6349182
- (5) ayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu and Toshiaki Matsunaga, “A cross shaped spiral antenna radiating omnidirectional circularly and linearly polarized waves”, IEICE Electronics Express, 査読有, Vol. 9, No. 4, 2012, pp. 256-262
DOI: 10.1587/elex.9.256
- (6) Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga and Masanori Nakano, “Indoor propagation analysis considering inhabitants”, IEICE Electronics Express, 査読有, Vol. 8, No. 21, 2011, pp. 1795-1800
DOI: 10.1587/elex.8.1795
- (7) Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga and Masanori Nakano, “Modelling and Measurement Techniques for Propagation of Indoor Wireless Communications Considering the Building’s Structure and Human Bodies”, Proceedings of 2011 Loughborough Antennas and Propagation Conference, 査読有, 2011, pp. 1 - 4
DOI: 10.1109/LAPC.2011.6114047
- (8) Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu, Massimo Candotti and T. Matsunaga, “An Omni-Directional Multi-Polarization and Multi-Frequency Antenna”, Proceedings of 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2011, pp. 2765 - 2768
DOI: 10.1109/APS.2011.5997099
- (9) Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga, Massimo Candotti and Kazufumi Inomata, “A Study of Electromagnetic Wave Propagation for the Estimation of Human Density inside Rooms”, Proceedings of Computer Science and Information Technology, 査読有, Vol. 5, 2011, pp. 64 - 69
<http://www.ipcsit.com/vol5/11-ICCCM2011-A040.pdf>
- (10) Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu, Massimo Candotti and Toshiaki Matsunaga, “A Multi-Polarization and Multi-Frequency Single Layered Planar Antenna”, Proceedings of the Fifth European Conference on Antennas and Propagation, 査読有, 2011, pp. 647 - 650
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5782508&isnumber=5780481>
- (11) Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga, “Electromagnetic Waves Propagating Around Buildings”, INTECH, Wave Propagation, 査読有, 2011, pp. 553 - 570
DOI: 10.5772/13587
- (12) Mayumi Matsunaga and Toshiaki Matsunaga, “An Analysis of the Electromagnetic Waves Propagating inside Rooms in which People Exist”, Proceedings of TENCON 2010 IEEE Region 10 Conference, 査読有, 2010, pp. 880 - 883
DOI: 10.1109/TENCON.2010.5686563
- (13) Mayumi Matsunaga and Toshiaki Matsunaga, “A New Design of Circular Polarized Planar Antennae”, Proceedings of 2010 International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications, 査読有, 2010, pp. 612-615
DOI: 10.1109/BWCCA.2010.142
- (14) Tsuyoshi Matsuoka, Tatsuya Oshinomi, Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga, “A Measurement Method of Electrical

Parameters of Dielectric Materials by Using Cylindrical Standing Waves”, Proceedings of the 2009 International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, 2009, pp. 584 - 587
<http://ap-s.ei.tuat.ac.jp/isapx/2009/pdf/1242.pdf>

〔学会発表〕(計 31 件)

- (1) 松永真由美, 松永利明, ループアンテナ小型化におけるクロスループ形状の有効性, 電子情報通信学会無線電力伝送時限研究会, 2013 年 03 月 16 日, 京都大学
- (2) 猪俣和史, 松永利明, 松永真由美, 他 1 名, 窓ガラス構造の違いによる建造物内および周辺の電波伝搬, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2013 年 01 月 30 日, 熊本大学
- (3) 辰巳隆二, 松永真由美, 他 1 名, 円形凸起を有するコンクリート壁周囲の CIP 法による電波伝搬解析, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2013 年 01 月 30 日, 熊本大学
- (4) 猪俣和史, 松永利明, 松永真由美, 他 1 名, 方形建造物内および周辺における壁面の厚さと媒質の違いによる電界強度分布, 平成 24 年度 (第 65 回) 電気関係学会九州支部連合大会, 2012 年 09 月 25 日, 長崎大学
- (5) 黒田悠平, 松永真由美, RFID, GPS および携帯電話に対応した三周波共用スパイラルアンテナ, 平成 24 年度 (第 65 回) 電気関係学会九州支部連合大会, 2012 年 09 月 25 日, 長崎大学
- (6) 松永真由美, 松永利明, 偏波共用スパイラルアンテナ, 電子情報通信学会無線電力伝送時限研究会, 2012 年 3 月 16 日, 京都大学
- (7) 猪俣和史, 松永利明, 松永真由美, 他 1 名, 窓ガラスがある方形建造物内および近傍の電波伝搬, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012 年 1 月 26 日, 福岡工業大学
- (8) 中野雅則, 松永利明, 松永真由美, 集合住宅における複数室間の壁や窓および人の影響を考慮した電界強度分布, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012 年 1 月 26 日, 福岡工業大学
- (9) 椎原功太, 松永利明, 松永真由美, 複数の近接する集合住宅間の外壁の媒質が異なる建造物周辺の電界強度分布, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012 年 1 月 26 日, 福岡工業大学
- (10) 岡大介, 松永真由美, 他 1 名, 移動する誘電体境界を扱う 2 次元 FDTD 解析の有効性の検討, 電子情報通信学会マイクロ波研究会, 2011 年 12 月 16 日, 山口大学
- (11) 辰巳隆二, 松永真由美, 他 1 名, 差分法による誘電体の移動速度及び厚みの検出シミュレーション, 電子情報通信学会マイクロ波研究会, 2011 年 12 月 16 日, 山口大学
- (12) 掛水健司, 松永真由美, 他 1 名, 1.5/2.45GHz 二偏波共用単層アンテナ, 電子情報通信学会マイクロ波研究会, 2011 年 10 月 21 日, 電気通信大学
- (13) 猪俣和史, 松永利明, 松永真由美, 他 1 名, 人の影響を考慮した壁面の一部の媒質が異なる方形建造物内の電波伝搬, 2011 年度電子情報通信学会九州支部学生会, 2011 年 9 月 28 日, 佐賀大学
- (14) 椎原功太, 松永利明, 松永真由美, 建造物外壁の媒質が異なる密集する集合住宅による周囲への電磁波散乱, H23 年電気関係学会九州支部連合大会, 2011 年 9 月 27 日, 佐賀大学
- (15) 中野雅則, 松永利明, 松永真由美, 集合住宅内における複数空間の人の影響を考慮した電波伝搬, H23 年電気関係学会九州支部連合大会, 2011 年 9 月 27 日, 佐賀大学
- (16) 松永真由美, 多偏波・周波数共用全方向性アンテナ, 電子情報通信学会無線電力伝送時限研究会, 2011 年 3 月 7 日, 京都市
- (17) 猪俣和史, 諫山 祐樹, 松永利明, 松永真由美, 人密度の影響を考慮した方形建造物内の電界強度分布, 映像情報メディア学会・放送技術研究会, 2011 年 1 月 27 日, 鹿児島県
- (18) 椎原 功太, 松永利明, 松永真由美, 集積した複数のコンクリート建造物による電波障害, 映像情報メディア学会・放送技術研究会, 2011 年 1 月 27 日, 鹿児島県
- (19) 横田 真吾, 松永利明, 松永真由美, ランダム媒質からなる起伏のある地形における地下通路がある媒質内の電波伝搬の解析, 映像情報メディア学会・放送技術研究会, 2011 年 1 月 27 日, 鹿児島県
- (20) 中野 雅則, 松永利明, 松永真由美, コンクリート構造の複数室間における人の影響を考慮した電波伝搬, 映像情報メディア学会・放送技術研究会, 2011 年 1 月 27 日, 鹿児島県
- (21) 横田真吾, 松永利明, 松永真由美, 地下通路を考慮したランダム媒質からなる起伏のある地形における空間内及び媒質内の電波伝搬, 電気関係学会九州支部連合大会, 2010 年 9 月 26 日, 福岡市
- (22) 椎原功太, 松永利明, 松永真由美, 近接する 6 棟の集合住宅による周辺へ

の電波障害，電気関係学会九州支部連
合大会，2010年9月26日，福岡市

- (23) 岡大介，松永真由美，他1名，境界面が
時間的に移動する FDTD 解析の考察，電
子情報通信学会マイクロ波研究会，
2010年9月9日，東京都
- (24) 掛水健司，松永真由美，他1名，偏波・
周波数共用アンテナ，電子情報通信学
会マイクロ波研究会，2010年9月9日，
東京都
- (25) 松岡剛志，松永真由美，他1名，2次補
間と CIP 法を用いた建造物モデル内の
電波伝搬解析，電子情報通信学会総合
大会，2010年3月18日，東北大学
- (26) 松永 真由美，無指向性アンテナを用い
た場合の建造物構造や人分布を考慮し
た建造物内の電波伝搬，京都大学生存
圏研究所第146回生存圏シンポジウム，
2010年3月3日，京都大学
- (27) 松岡剛志，松永利明，松永真由美，2次
補間と CIP 法を用いた電磁波散乱解析，
映像情報メディア学会・放送技術研究会，
2010年1月29日，佐賀大学
- (28) 横田真吾，松永 利明，松永 真由美，他
1名，ランダム媒質からなる起伏のある
地形における空間内及び媒質内の電波
伝搬，映像情報メディア学会・放送技術
研究会，2010年1月28日，佐賀大学
- (29) 藤田浩介，松永 利明，松永 真由美，円
形のホールを有する十字形通路内にお
ける人密度による電波伝搬，映像情報
メディア学会・放送技術研究会，2010
年1月28日，佐賀大学
- (30) 椎原功太，松永 利明，松永 真由美，近
接する三棟からなるコンクリート建造
物における電磁波散乱，映像情報メデ
ィア学会・放送技術研究会，2010年1
月28日，佐賀大学
- (31) 兼清恭大，松岡 剛志，松永 利明，松永
真由美，誘電率測定のための誘電体円
柱周辺の電界強度測定，映像情報メデ
ィア学会・放送技術研究会，2010年1
月28日，佐賀大学

[図書] (計1件)

- ① 松永真由美，微小アンテナ原理と設計法，
三松株式会社出版事業部，2013，出版決定

[産業財産権]

○出願状況 (計5件)

①名称：天线

発明者：松永 真由美，掛水 健司
権利者：愛媛大学
種類：特許
番号：中国 2011800422544
出願年月日：2013年3月1日

国内外の別：国外

②名称：Antenna

発明者：松永 真由美，掛水 健司
権利者：愛媛大学
種類：特許
番号：米国 13/820,336
出願年月日：2013年3月1日
国内外の別：国外

③名称：アンテナ

発明者：松永 真由美
権利者：愛媛大学
種類：特許
番号：特願 2012-531830
出願年月日：2013年2月21日
国内外の別：国内

④名称：小型ループアンテナ

発明者：松永 真由美
権利者：愛媛大学
種類：特許
番号：特願 2013-24271
出願年月日：2013年2月12日
国内外の別：国内

⑤名称：異なる周波数帯域の円偏波および直
線偏波に共用できるループアンテナ

発明者：松永 真由美
権利者：愛媛大学
種類：特許
番号：特願 2012-203188
出願年月日：2012年9月14日
国内外の別：国内

○取得状況 (計1件)

①名称：Antenna

発明者：松永 真由美，掛水 健司
権利者：愛媛大学
種類：特許
番号：米国 13/820,336(番号通知待ち)
取得年月日：2013年03月20日
国内外の別：国外

[その他]

報道関連情報

- ①日経 BP Tech On 2012/12/03 掲載
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/N
EWS/20121203/254054/](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/N
EWS/20121203/254054/)
- ②日経エレクトロニクス 2013年1月21日号
掲載
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/C
OLUMN/20130121/261171/](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/C
OLUMN/20130121/261171/)
- ③日経エレクトロニクス 2013年3月18日号
掲載

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130315/271332/?ST=jtn&P=7>

ホームページ等

①松永研究室

<http://mmayumi.lekumo.biz/jp/>

②愛媛大学研究者総覧

<http://kenqweb.office.ehime-u.ac.jp/Profiles/0009/0000657/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松永 真由美 (MATSUNAGA MAYUMI)

愛媛大学・大学院理工学研究科・講師

研究者番号：30325360