一般社団法人　電子情報通信学会
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

信学技報
IEICE Technical Report
A･P2019-59(2019-08)

MACKEY　S型に関する検討

田村 俊樹†† 牧野 滋†‡ 廣田 哲夫†‡ 伊東 健治†

†金沢工業大学 〒921-8812 石川県野々市市扇が丘7－1

E-mail： †6900809@planet.kanazawa-it.ac.jp, ‡makino@neptune.kanazawa-it.ac.jp

あらまし MACKEY 基本型は，Wi-Fi 2 GHz 帯で使用することを目的として,自由空間だけでなく金属上でも動作することを目的として検討を行った.基本型はアンテナの横幅が 0.45λ必要であり小型化が課題だった.MACKEY の側面に銅箔を貼り付けることで小型化した MACKEY 片側短絡型と MACKEY　両側短絡型の 2 つのモデルを提案する.短絡させることで鏡像の原理を用いて MACKEY 基本型の小型化を図る.提案する 2 つのモデルの解析値と測定値の比較を示して MACKEY 基本型と比較して小型化したことを示す.

キーワード MACKEY，Wi-Fi，小型化

Feasibility Study of MACKEY type S

Tamura Toshiki†† Shigeru Makino†‡ Tetsuya Hirota†‡ and Kenji Itoh†

†Kanazawa Institute of Technology 7-1 Ohgigaoka, Nonoichi, Ishikawa, Japan

E-mail： †b6900809@planet.kanazawa-it.ac.jp, ‡makino@neptune.kanazawa-it.ac.jp

Abstract MACKEY basic type was examined for the purpose of operating on metal as well as free space for the purpose of using in Wi-Fi 2 GHz band. The basic type requires an antenna with a width of 0.45 λ, and miniaturization was an issue. We propose two models, MACKEY single short circuit type and MACKEY both ends short circuit type, which are miniaturized by affixing copper foil to the side of MACKEY. The short-circuiting aims to miniaturize the MACKEY basic type using the mirror image principle. The comparison of the analysis values and the measurement values of the two proposed models is shown, and the miniaturization is shown in comparison with the MACKEY basic type.

1. まえがき

近年スマートフォンやタブレットに代表される通信技術の普及に伴い，IoT(Internet of Things)のさらなる発展が期待されている.これらの端末はインターネット回線を通じてどこでも簡単に家庭内などで構築された無線ネットワークに接続が可能であることから，テレビやエアコンといった家電製品などの無線化が求められる.無線化に伴い搭載されるアンテナに求められる条件は，小型・薄型化に加え,周囲の金属の影響を受けず設置することができる柔軟性が求められている.

周囲の金属の影響を受けない小型アンテナとして MACKEY(Meta-surface inspired Antenna Chip developed by KIT EOE Laboratory，以下：基本型)が考案されている[1]．測定した基本型は，自由空間だけでなく金属上においてもインピーダンス特性および放射特性の劣化が少ないことが報告された[2]．基本型は Wi-Fi 2 GHz 帯(2.40 から 2.50GHz，比帯域幅：4.08%)に適用するために設計されている.

本報告では MACKEY の小型化を目的とし,短絡板を片側側面に設けた MACKEY　片側短絡型(以下：S1 型)と両側側面に設けた MACKEY 両側短絡型(以下：S2 型)2 つのモデルを提案し検討する.

2. 従来の MACKEY

2.1. MACKEY 基本型

図 1 に基本型のモデル図を示す．上部から順に①アンテナ基板,②グリッド基板,③金属板となっており，それぞれの間を誘電体が満たしている.

基本型は，アンテナ長 ℓ で虚部を,グリッド幅 g で共振周波数を制御することで整合を行う．図 2 に基本型の自由空間と金属上の VSWR 特性を示す．図 2 より，自由空間だけでなく金属上においても動作していることがわかる．また，比帯域幅は自由空間では 7.31%，金属上では 5.21%となっており，Wi-Fi 2 GHz 帯の使用帯域を満たしていることがわかる.

This article is a technical report without peer review, and its polished and/or extended version may be published elsewhere.
Copyright ©2019 by IEICE

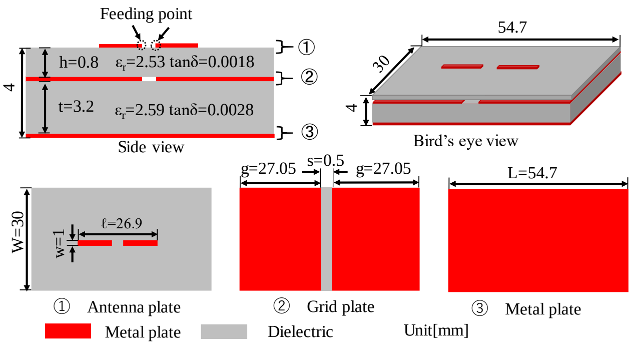

図1　基本型のモデル図

表 1 設計パラメータ

設計パラメータ	[mm]
アンテナ長:ℓ	26.9
グリッド幅:g	27.05
基板横幅:L	54.7
基板縦幅:W	30.0
アンテナの縦幅:ww	1.0
スリット幅:s	0.5
アンテナ基板の誘電体厚:h	0.8
グリッド基板の誘電体厚:t	3.2

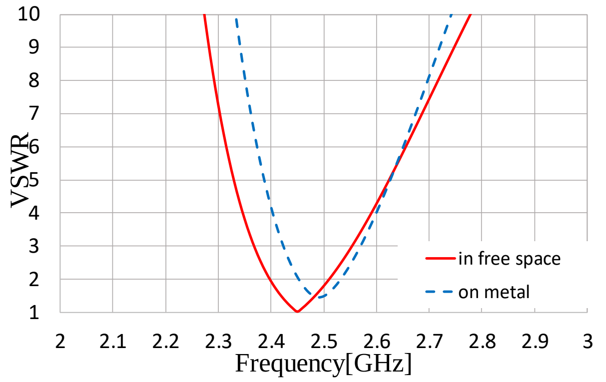

図 2 基本型の VSWR 特性(自由空間と金属上)

2.2. MACKEY 基本型の成り立ち

基本型の成り立ちを図 3 に示す.基本型は図 2(B)の無限周期構造の AMC(Artificial Magnetic Conductor 以下 : AMC)基板の上にアンテナを組み合わせた構造である.AMC 構造のキャパシタンスグリッドを点線部で切り取られた 2 素子の上にダイポールアンテナを重ねた構造である

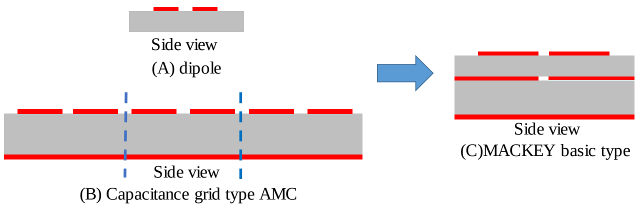

図 3 基本型の構造

3. 短絡板を用いた小型化

図 4 に短絡板を用いた小型化の案を示す.MACKEY を小型化するアイデアとして鏡像の原理を用いた小型化が考えられる.MACKEY の側面に銅箔を設けることで短絡させて小型化を図る.

図 4(B)に S1 型の構造図を示す.図 4(A)の基本型は点線で対象構造なので,そこで半分に切り取って側面に短絡板を設置したモデルである.片側を短絡させることで鏡像の原理より短絡板を挟んだ反対側に鏡像ができることにより小型化したモデルである.

図 4(D)に S2 型の構造図を示す.図 4(C)のキャパシタンスグリッドの点線部に短絡板を設置してその側面に短絡板を設けたモデルである.図 4(C)の点線部で切り取りキャパシタンスグリッドを 2 素子のみ残す.その両側面に短絡板を設置したモデルは鏡像の原理より図 4(C)と等価である.その上にダイポールアンテナを装荷することで小型化したモデルである.

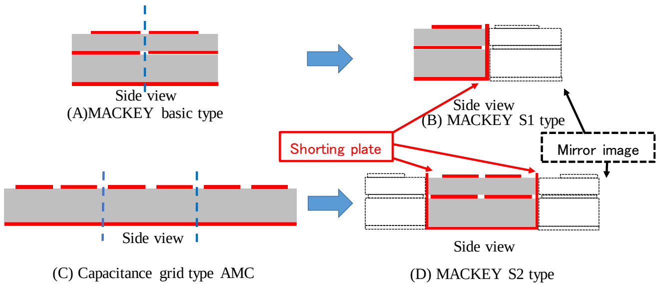

図 4 小型化した MACKEY のモデル

4. MACKEY　S1 型の検討

図 5 に MACKEY S1 型のモデル図を示す.短絡板は側面に 30μmTPU(熱可塑性ポリウレタン:TPU)系ホットメルトボンドフィルムを転写した 18μm 電界銅箔を張り付けることで作成している.

図 6 に自由空間,図 7 に金属板上での VSWR 特性を示す.黒線と赤線は,それぞれ解析結果と測定結果を示す.図 6,図 7 より, VSWR=3 以下の Wi-Fi2GHz 帯の使用帯域を解析値では満たしていない. しかし測定値は広帯域となり使用帯域を満たした.MACKEY 基本型と比較すると狭帯域である.MACKEY 片側短絡型の基板横幅は 29.05mm であり, 基本型の 54.7mm と比べて 53%に小型化した.

図 8 に 2.45GHz における自由空間と金属上の放射パターンを示す.黒線と赤線は,それぞれ解析結果と測定結果を示す.図中,実線はＥ θ 成分を示す.図 8 から,測定された利得はそれぞれ 2.94[dBi],3.53[dBi]であり,自由空間及び金属上でも十分放射していることがわかる.

MACKEY 片側短絡型の帯域幅は,体積が小さくなったことで,基本型と比べて狭くなったと考えられる.また

測定値の帯域幅は,TPU の影響で,解析値と比較して広くなったと考えられる.

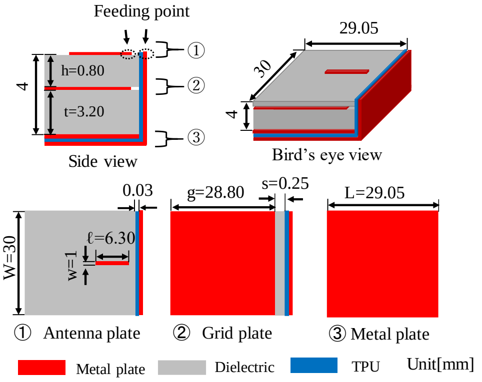

図 5　MACKEY S1 型のモデル図

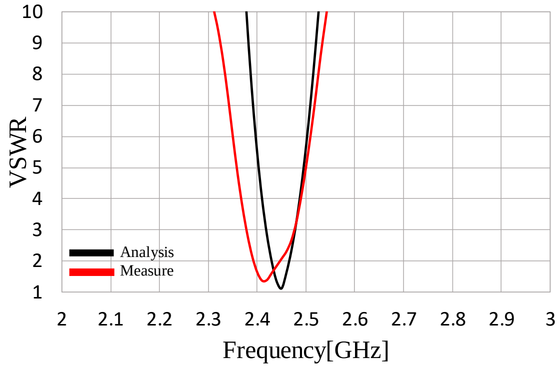

図 6 自由空間における VSWR 特性の比較

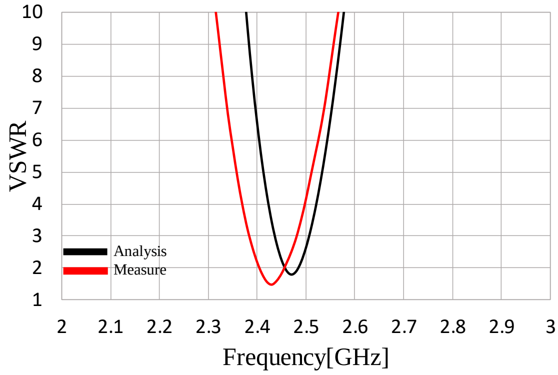

図 7 金属上における VSWR 特性の比較

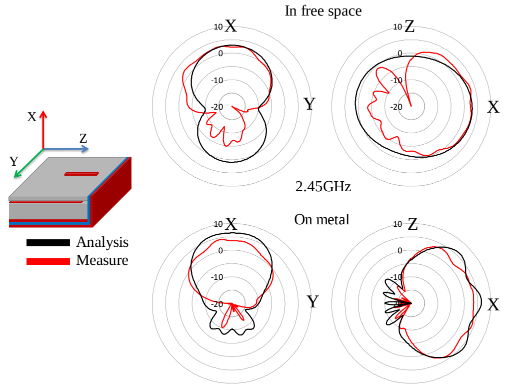

図 8 放射パターンの比較

5. MACKEY S2 型の検討

図 9 に MACKEY S2 型のモデル図を示す．短絡板は側面に 30μmTPU(熱可塑性ポリウレタン,以下：TPU)系ホットメルトボンドフィルムを転写した 18μm 電界銅箔を張り付けることで作成している.

図 10 に自由空間,図 11 に金属板上での VSWR 特性を示す.黒線と赤線は,それぞれ解析結果と測定結果を示す.図 10,図 11 より，VSWR=3 以下の Wi-Fi2GHz 帯の使用帯域を自由空間では満たしている．しかし金属板上では使用帯域を満たしていない.MACKEY 基本型と比較すると広帯域である.測定結果は解析結果と比較すると,低周波側にシフトした.MACKEY 両側短絡型の基板横幅は 37.4mm であり，基本型の 54.7mm と比べて 68%に小型化した.

図 12 に 2.45GHz における自由空間と金属上の放射パターンを示す.黒線と赤線は,それぞれ解析結果と測定結果を示す.図中,実線は E θ 成分を示す.図 6 から,測定された利得はそれぞれ 3.63[dBi],3.18[dBi]であり,自由空間及び金属上でも十分放射していることがわかる.

測定値 VSWR は,TPU の影響で,解析値と比較して低周波側にシフトしたと考えられる.

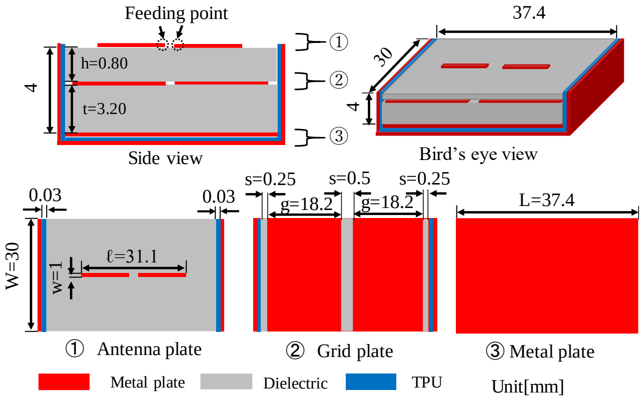

図 9　MACKEY S1 型のモデル図

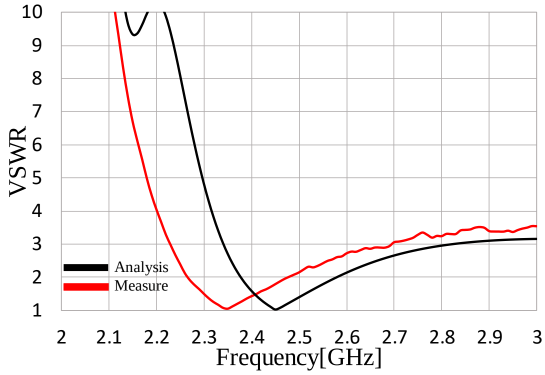

図 10 自由空間における VSWR 特性の比較

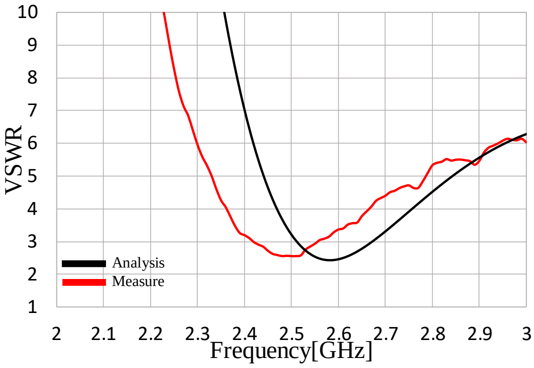

図 11 金属上における VSWR 特性の比較

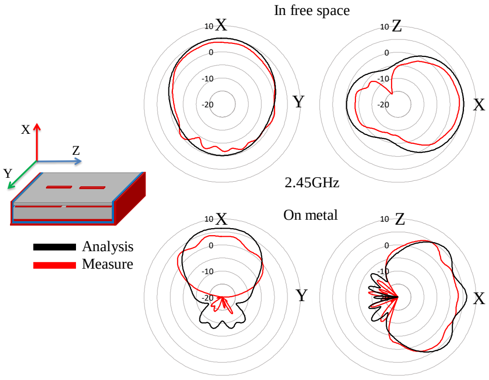

図 12 放射パターンの比較

6. TPU フィルムの検討

S1 型,S2 型において,解析値と比較して測定値が変化した.これは短絡板を作成する際に張り付けた TPU フィルムが原因だと考える.フィルムを張り付ける際に加熱する影響でフィルムの厚さに変化が生じたと考えられる.図 13 に S1 型の,図 14 に S2 型の TPU の厚さを 0.01mm 間隔で変更した際の VSWR 特性を示す.S1 型は TPU の厚さを変更しても大きな変化は見られないが,S2 型は変化が生じた.TPU の厚さを 0.01mm 変更しただけで周波数のシフトが見られた.しかし,厚さ 0.01mm の場合においても 測定値と一致しないので TPU の厚さの他に測定値がシフトした原因があると考える.

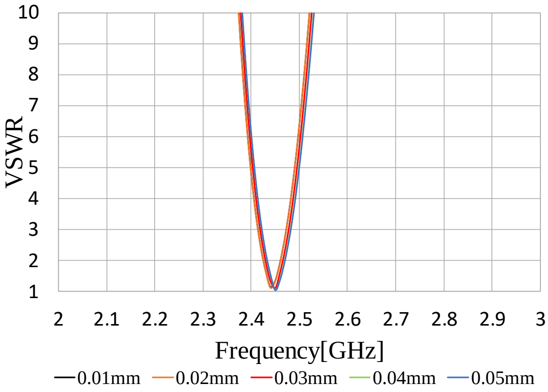

図 12 S1 型における VSWR 特性の比較

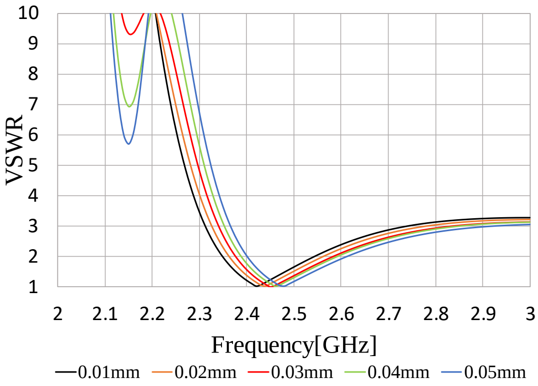

図 13 S2 型における VSWR 特性の比較

7. まとめ

MACKEY 基本型を鏡像の原理を用いて小型化した,MACKEY S1 型と MACKEY S2 型を提案した. MACKEY　S1 型は 53%に小型化し,狭帯域になった.MACKEY S2 型は 68%に小型化し,広帯域になったが金属板上において使用帯域を満たさなかった.いずれも測定値は解析値と比較すると低周波側にシフトした.

文　献

[1] 諸谷徹郎，小鷹柾樹，牧野滋，林秀幸，野口啓介，廣田哲夫，伊東健治，“ＡＭＣ基板一体化ダイポールアンテナの提案”，信学技報，AP2014-211，pp.1-5，2014．

[2] 小鷹柾樹，諸谷徹郎，牧野滋，林秀幸，野口啓介，廣田哲夫，伊東健治，“ＡＭＣ基板一体化ダイポールアンテナの検討”，信学技報，AP2015-6，pp.25-30，2015．