

# MACKEY S1 型の広帯域化と短絡板に関する検討

田村 俊樹<sup>††</sup> 牧野 滋<sup>†‡</sup> 伊東 健治<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 金沢工業大学 〒921-8812 石川県野々市市扇が丘 7-1

E-mail : <sup>†</sup> 6900809@planet.kanazawa-it.ac.jp, <sup>‡</sup> 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. 基本型を小型化するために片側を短絡させた MACKEY S1 型を考案し, 小型化可能なことを示した. しかし S1 型は狭帯域となり Wi-Fi 2GHz 帯の帯域幅を満たさないという欠点があった.

本検討では MACKEY S1 型の短絡板のパラメトリックスタディを行うことで広帯域化の検討を行う. さらに短絡板の特性を再現するためにスルーホールを使用することで, S1 型の広帯域化を行う.

**キーワード** MACKEY, Wi-Fi, Through-hole

## Feasibility Study on widening of the bandwidth and Short-Circuit plate of MACKEY S1 type

Toshiki Tamura<sup>††</sup> Shigeru Makino<sup>†‡</sup> and Kenji Itoh<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Kanazawa Institute of Technology 7-1 Ohgigaoka, Nonoichi, Ishikawa, Japan

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

**Abstract** The MACKEY basic model was studied for use in the Wi-Fi 2 GHz band to operate on metal as well as free space. In order to reduce the size of the basic model, a short-circuited MACKEY S1 was devised, and it was shown that it could be made smaller. However, the S1 type has a disadvantage that it has a narrow bandwidth and does not satisfy the bandwidth of the Wi-Fi 2GHz band. In this study, a parametric study of the MACKEY S1 shorting plate is performed to investigate the possibility of widening the bandwidth. Furthermore, a through-hole is used to simulate the characteristics of the shorting plate in order to improve the bandwidth of the S1 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.

また片側を短絡させた MACKEY S1 type(以下: S1 型)を考案し, 小型化可能なことを示した[3]. S1 型は基板寸法を 47%小型化することに成功したが, 狭帯域となり Wi-Fi 2GHz 帯の帯域幅を満たさないという欠点があった. 本報告では, S1 type の広帯域化について検討を行う.

### 2. 従来 of 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, ②Grid plate の端部に電流が流れることでアンテナとして動作している. アンテナ長さ  $l$  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.

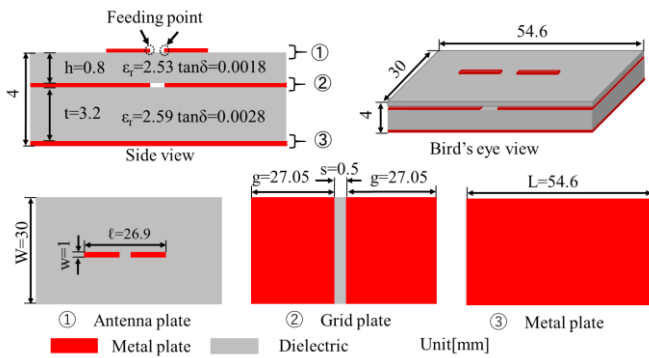


図1 基本型のモデル図

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: $L$	54.6
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

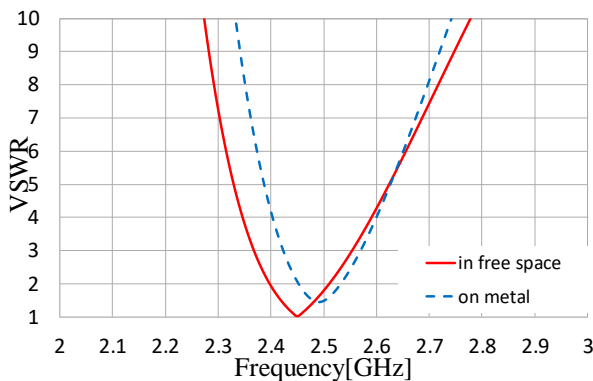


図2 基本型の VSWR 特性(自由空間と金属上)

## 2.2. MACKEY S1 型

図3にMACKEY S1型の構造図を示す。S1型は図3(A)の基本型を点線で半分に取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。S1型は基本型と同様にアンテナ長 $l$ 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4にMACKEYS1型のモデル図を示す。S1型は基本型と比較すると基板寸法を47%小型化することに成功した。図5に自由空間と金属上におけるVSWR特性の解析結果を示す。図5より比帯域幅は、自由空間で

1.63%、金属上で2.43%と非常に狭帯域となり、Wi-Fi 2 GHz帯の帯域幅を満たさない欠点があった。

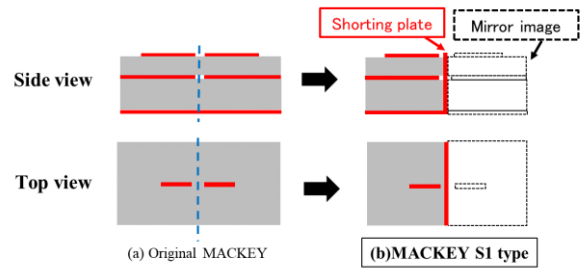


図3 S1型の構造図

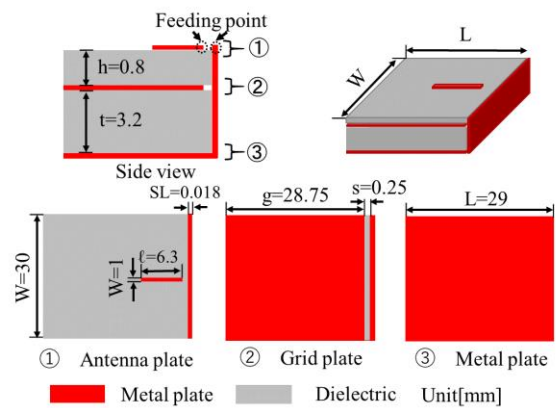


図4 S1型のモデル図

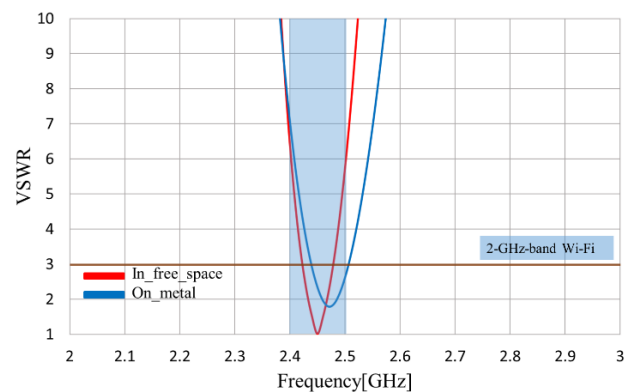


図5 S1型の VSWR 特性(自由空間と金属上)

## 3. S1型の広帯域化の検討

### 3.1. 短絡板長 SL の変更

従来のS1型では側面に設置した短絡板の長さSL(Short-circuit board Length)は0.018mmで検討を行ってきた。本検討では短絡板のパラメトリックスタディを行い、広帯域化を図る。SLを5mm間隔で変更して整合を行い比帯域幅の比較を行う。図6,7に短絡板パラメトリックスタディをした際のVSWRの解析結果を示す。図6はSL=0.018mmから20mmまで、図7は25mmから45mmでの解析結果を示す。図8に比帯域幅をまとめたグラフを示す。図8よりSL=10mm～

35mm の間において非帯域幅が 4.08%以上となり，Wi-Fi 2GHz 帯の帯域幅を満たした．表 2,3 に SL を変更した際の比帯域幅と基板横幅 L のまとめを示す．表 2 より SL=10mm の場合において，Wi-Fi 2GHz 帯の帯域幅を満たしさらに基板横幅 L が一番小さいモデルは SL=10mm で基板横幅 38.25mm のモデルとなった．SL=10mm モデルは基本型と比較して約 30%小型化した．以上の結果から SL=10mm のモデルの試作と測定を行う

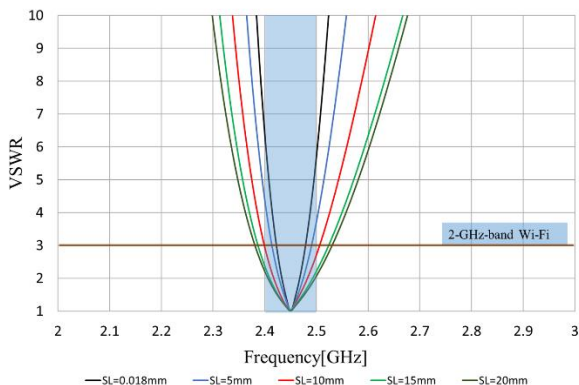


図 6 S1 型の VSWR 特性(SL=0.018mm から 20mm)

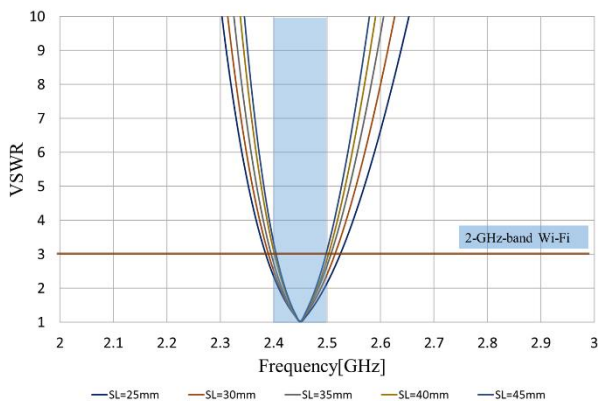


図 7 S1 型の VSWR 特性(SL=25mm から 45mm)

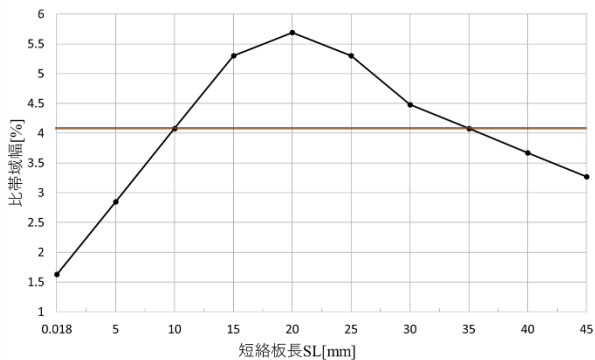


図 8 短絡板長 SL を変更した場合の比帯域幅

表 2 比帯域幅と基板横幅 (SL=0.018mm から 20mm)

SL[mm]	0.018	5	10	15	20
比帯域幅[%]	1.63	2.85	4.08	5.3	5.69
基板横幅:L[mm]	29	33.45	38.25	43.2	48.35

表 3 比帯域幅と基板横幅 (SL=0.018mm から 20mm)

SL[mm]	25	30	35	40	45
比帯域幅[%]	5.3	4.48	4.08	3.67	3.27
基板横幅:L[mm]	53.5	58.6	63.65	68.65	73.65

### 3.2. 試作モデルの検討

3 章 1 節より，SL=10mm の S1 型の試作をする際に幅 10mm の金属を使用することは難しい．以上のことからスルーホールを用いて短絡板 SL の特性の再現を行うために検討を行う．図 9 に，図 4 で示した S1 型とスルーホールを使用したモデルの図を示す．図 9(b) のモデルは 1.5mm のスルーホールを 3 か所開けて短絡板の特性を再現したモデルである．図 10 に図 9 の (a) と (b) のモデルの VSWR 特性を示す．図 9 より，(a) と (b) のモデルの基板横幅 L を比較すると，ほとんど変化しない．図 10 より (a) と (b) のモデルの VSWR 特性もほとんど変化しない．以上の検討からスルーホールを 3 か所開けることで，短絡板の特性を再現することが出来ることが分かる．

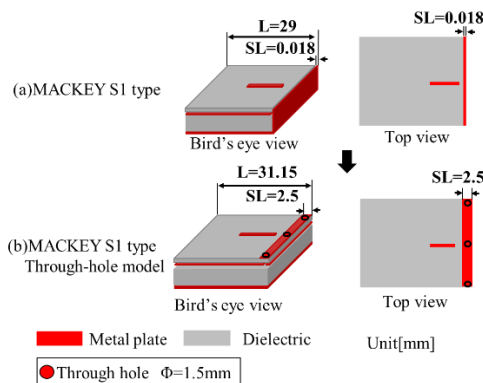


図 9 S1 型のスルーホールを使用したモデル図

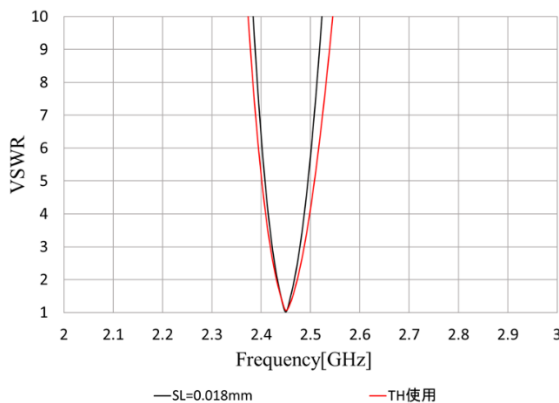


図 10 VSWR 特性(スルーホールの有無)

#### 4. S1 型 SL=10mm モデルの測定

図 11 に MACKEY S1 型のモデル図を示す。3 章 2 節よりスルーホールを 6 か所開けることで短絡板の特性を再現している。基板横幅  $L$  は 38mm となり、基本型と比較すると 31% 小型化することに成功した。図 12 に自由空間上の、図 13 に金属上における VSWR 特性の解析結果と測定結果の比較を示す。図 14 に放射パターンの解析結果と測定結果の比較を示す。図 12, 13 より解析結果と測定結果は概ね一致した。測定結果の比帯域幅は、自由空間では 6.48%、金属上では 6.35% となり、Wi-Fi2GHz 帯の帯域幅を満たしていることが分かる。しかし金属上では周波数シフトの影響で帯域幅を一部満たしていない。図 14 より放射パターンはおおむね一致し、正面方向(+X 方向)の測定結果の利得は自由空間では 4.07dBi、金属上では 5.20dBi となり十分放射していることが分かる

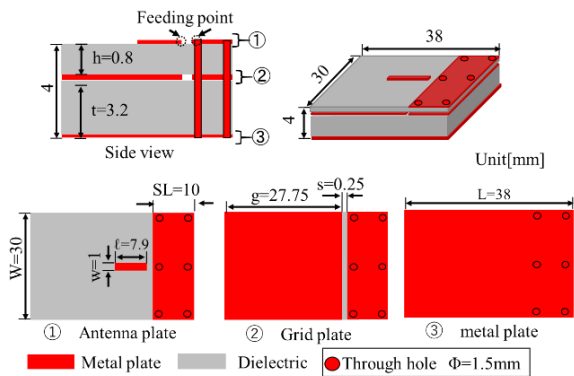


図 11 S1 型 SL=10mm のモデル図

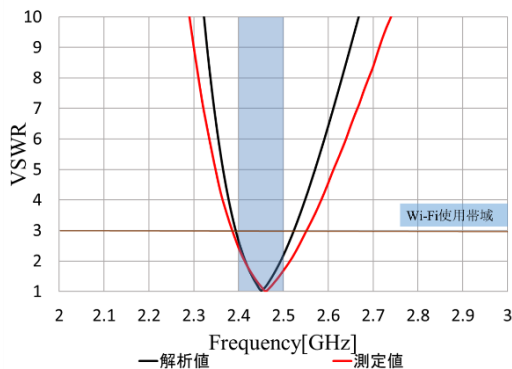


図 12 自由空間における VSWR 特性(解析結果と測定結果)

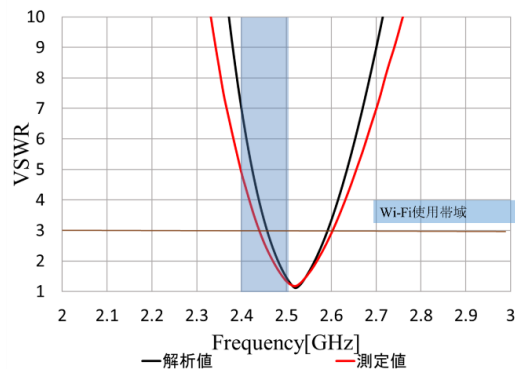


図 13 金属上における VSWR 特性(解析結果と測定結果)

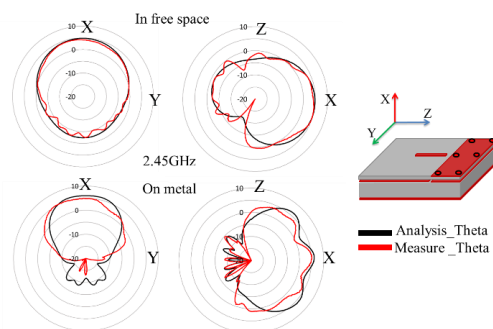


図 14 放射パターン(解析結果と測定結果)

#### 5. まとめ

本検討では S1 型の短絡板の長さ  $SL$  のパラメトリックスタディを行い、広帯域化の検討を行った。短絡板長  $SL$  を長くすることで広帯域となった。 $SL=10\text{mm}$  のモデルの試作を行い、基板横幅は約 31% 小型化しつつ Wi-Fi2GHz 帯の帯域を満たすことを示した。

本研究は JST CREST(JPMJCR20Q1)の助成を受けたものである。

#### 文 献

- [1] 諸谷徹郎, 小鷹柁樹, 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] 小鷹柁樹, 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.
- [3] 田村俊樹, 牧野滋, 伊東健治, 廣田哲夫, “MACKEY S 型に関する検討”, 信学技報, AP2019-59, pp.65-68, 2019.