

太陽電池の電磁波反射・吸収特性に関する研究

学生員 多田 隼人* 正員 黒川 浩助 非会員 宇野 亨 (東京農工大学)

非会員 高橋 応明 (千葉大学) 非会員 谷田部 悟 (シロウマサイエンス株式会社)

Reflection and Absorption Characteristics of Electromagnetic Waves for PV Modules

Hayato Tada*, Student Member, Kosuke Kurokawa, Member, Toru Uno, Non-member (Tokyo University of Agriculture and Technology)

Masaharu Takahashi, Non-member, (Chiba University), Satoru Yatabe, Non-member, (Shirouma Science CO.,Ltd.)

1. まえがき

送信アンテナからの直接波と、建造物の壁面に反射された後に到来する遅延波によって、テレビ映像が乱れてしまう“ゴースト現象”は、高層ビルが立ち並ぶ今日の日本において無視しがたい問題である。一方で、環境問題に対する関心の高まりとその意匠性から、ビルの壁材として太陽電池を設置するケースが年々増加している。本研究は、この全く異なる 2 つの事象を「ビルの壁面」という共通点に着目し、発電を目的とする太陽電池モジュールで電磁波を吸収する事により、遅延波の発生を防ぎ、電波障害を抑制するという太陽電池の付加価値的応用を研究課題とするものである。

太陽電池を利用した電磁波吸収方法として、セルをループ状に配線する事により、モジュール内にループアンテナの構造を埋め込む方法を提案する。今回はシミュレーションにより、電波吸収モジュールの受信能力を検討し、その結果を踏まえた上で、地上波デジタル放送で利用されている UHF 帯 (470~770MHz) の全域を受信対象としたモジュールの設計を行った。

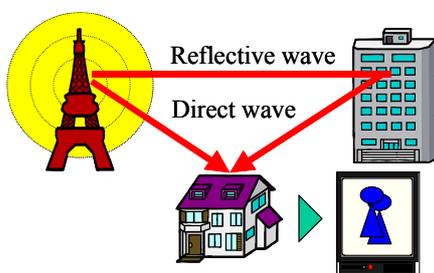


図 1 ゴースト現象の基本的な原理

Fig.1 Fundamental principal of Picture ghosting

2. 研究内容及び電波吸収方法

対象とする電波の波長と同じ長さのループを形成する場合に、大きな利得を得るループアンテナの特徴を利用し、

高周波領域で導電体の役割をする太陽電池セルをループ状に配線した、新しい太陽電池モジュール (CL モジュール: Cell Loop Module) を作成する。

太陽電池モジュールはセルとリボン電極によってストリングを組み、形成したストリングを EVA によってラミネートされ完成する。CL モジュールはストリングを組む段階で、セルの配置や配線等を変更するだけなので、発電性能等への影響はないものと考えられる。

図 2 に試作した CL モジュールを示す。15cm 四方のセル 8 枚を利用し、1 つのループが形成されている。また、モジュール内には 4 つのループを埋め込み、通常の太陽電池モジュールと遜色ない発電性能を得る工夫が施されている。

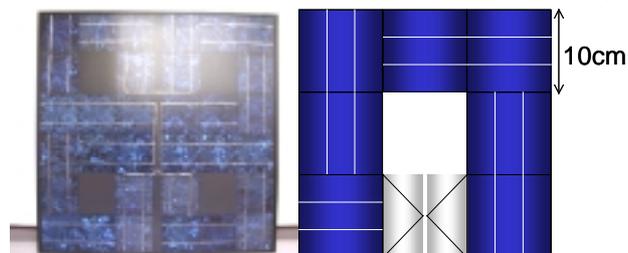


図 2 CL モジュール 図 3 UHF 帯 CL アンテナ

Fig.2 CL Module Fig.3 CL Antenna for UHF band

3. CL モジュールのアンテナ特性

〈3・1〉 解析の概要 試作した CL モジュールは通常のループアンテナとは形状が大きく異なる事から、形成されたループのどの部分に対象とする周波数が対応するのか、アンテナとしての受信能力がどの程度なものなのか未知数な部分が多い。今回は FDTD 法 (Finite Difference Time Domain) という電磁解析法を利用し、インピーダンスや利得等を算出し、CL モジュールのアンテナとしての可能性を検討した。

〈3・2〉 アンテナインピーダンス 図 4 に解析環境、図 5 にアンテナインピーダンスの解析結果を示す。インピーダンスはアンテナの基本的な特性を示すものである。レジスタ

ンスは放射抵抗と呼ばれ、一般的にこの値に送受信能力が左右される。また、リアクタンスが零の状態が共振と呼ばれ、その状態での放射抵抗が 50 の場合、特性インピーダンス 50 の伝送線路へ反射なく電磁波が伝わる。今回の場合、共振周波数は 636MHz となり、その周波数における放射抵抗が 456 となった。この周波数は波長にすると 47.2cm なので、CL アンテナにて形成される最小ループ長（セルと内側のリボン電極からなるループ：12.5cm*4=50.0cm）に対応する事が分かる。

〈3.3〉 利得 利得は最大放射方向の電力強度が基準アンテナのその何倍かを示す指標である。絶対利得は 7.0dB となり、通常のループアンテナの 2.7dB に比べ、受信能力が大きいアンテナとなった。

4. UHF 帯 CL アンテナの設計

〈4.1〉 設計の概要 項目3にてCLモジュールにはアンテナとしての機能が十分備わっている事が確認できた。ここでは、UHF 帯全域を対象とするアンテナ設計を目指し、セルの配置・配線方法等を検討した。

〈4.2〉 設計（セルの配置・配線方法） 10cm 四方のセル7枚を図3のように配置・配線した。セル7枚から成るループは 40~120cm となり、周波数にすると 250~750MHz に対応できるアンテナになると予想される。リボン電極は電磁波の伝送の妨げになるので、セルとセルを直接繋ぎ合わせる配線方法を採用し、また、出力部の形状を段階的に細くする事により、電磁波を伝送しやすくした。

〈4.3〉 アンテナインピーダンス 図7にアンテナインピーダンスの計算結果を示す。UHF 帯全域を対象とするアンテナを設計し、かつアンテナを電波吸収体として利用する事から、UHF 帯にてインピーダンスが一定で、レジスタンス（放射抵抗）ができるだけ大きいアンテナを設計する。解析結果を見ると、放射抵抗は 200 付近を維持し、通常のアンテナに比べ受信能力が大きく、かつインピーダンスの変動が小さいアンテナとなっている。また、リアクタンスについても-34.0~32.9 という狭い範囲で変動しており、広帯域のアンテナの条件であるインピーダンスが一定という条件を満たしている事から、UHF 帯におけるアンテナとしては十分な結果となった。よって、これらの結果とモジュール面積における発電効率等を考慮し、図2の配線方法を採用する事とする。

また、利得は 7.1dB となり、試作段階の CL アンテナ同様、通常のアンテナに比べ受信能力がよいアンテナとなった。

5. まとめ

提案した電波吸収モジュールのアンテナとしての妥当性を示し、かつ、UHF 帯全域を対象とする CL アンテナの設計を行った。今後は、発電された直流成分及び受信された交流成分を分岐する回路の設計を進めて行き、電磁波の熱消費を含めた CL モジュールシステムとしての可能性を検討して行く。

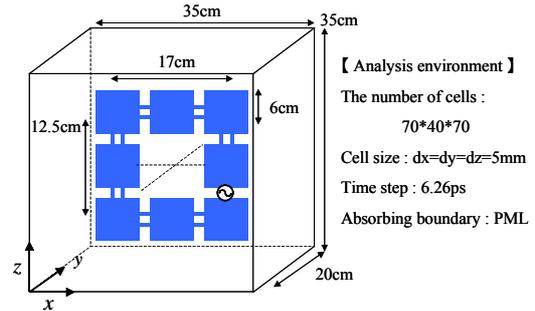


図4 CL アンテナの解析領域・環境

Fig.4 Analysis environment of CL Antenna

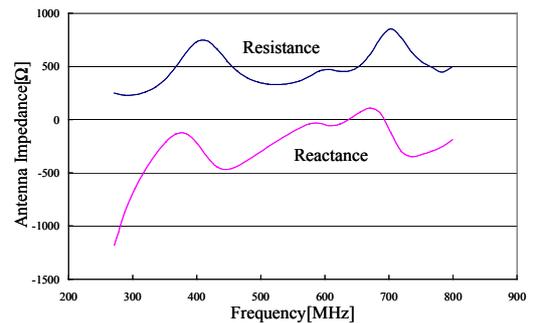


図5 アンテナインピーダンス

Fig.5 Simulated antenna impedance

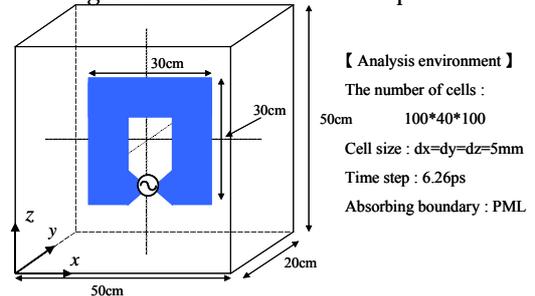


図6 UHF 帯対応 CL アンテナの解析領域・環境

Fig.6 Analysis environment of CL Antenna for UHF band

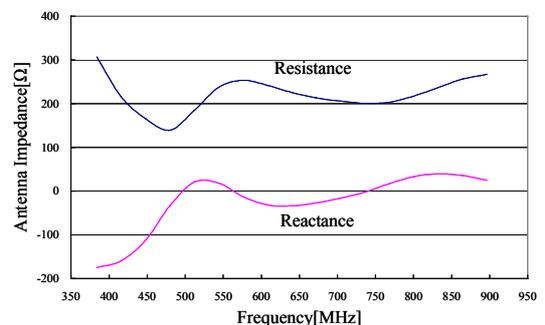


図7 アンテナインピーダンス

Fig.7 Simulated antenna impedance

文 献

- (1) 築地武彦：「電波・アンテナ工学入門」，総合電子出版，pp.170-190 (2002)