

## 3Dプリンタを用いた高周波用ジグ作成の検討

生産技術室 足達 幹雄, 城之内 一茂, 名和 礼成, 大谷 大輔

### Evaluation of Radio-Frequency Testfixture Using 3Dprinter

Mikio ADACHI, Kazushige JONOUCHI, Yukinari NAWA and Daisuke OTANI

本研究は、高周波分野におけるニーズ多様化へ対応すべく技術支援体制拡充のため、試作ツールとして3Dプリンタを用いて伝送路ジグの作成・評価を行い、開放機器設備へ適応させることを目的とする。

3Dプリンタ造形物（樹脂）に導電性塗料を組み合わせる手法にて、銀銅コーティングによる同軸管ジグを試作・実測し、従来の金属製ジグとの相関調査や耐久性評価等を繰返した結果、高周波計測における代替性及び実用性を把握することができた。

#### 1. はじめに

当所では、電磁波対策材料の測定機器を開放しているが、電子部品等の高周波化・広帯域化や利用希望者ニーズの多様化により、保有ジグだけでは対応しきれない現状がある。また、高周波用ジグは高額なため購入・交換が困難であり、劣化や破損に際しては利用希望者を受入できず支障をきたしている。

このような課題を解決するため、当所への3Dプリンタ設置を契機として、本研究を立ち上げることとなった。

本研究では、高周波特有の「表皮効果」に着目し、3Dプリンタ造形物に導電性塗料をコーティングさせる発想により、金属製ジグ（従来品）の代替が可能か検討する。

実際に当所機器設備使用においてニーズが多く破損されやすい同軸管ジグについて試作・実測を繰返し、保有ジグ（金属製）とのデータ比較等により、高周波計測における利用可能性について検証した。

#### 2. 実験方法

試作の作成は、アクリル系硬化樹脂を素材とする3Dプリンタ（EDEN250）を用いて造形後、スプレーにて導電性塗料をコーティングした。

計測システムを図1に示す。

ネットワークアナライザ（37247C）へ接続された同軸管ジグにおける反射係数及び透過係数の周波数特性について、PCソフトウェアにより制御・解析した。



図1 計測システム

#### 3. 結果及び考察

##### 3.1 導電性塗料の性能評価

コーティング材となる導電性塗料については、ステンレス、ニッケル、銀銅が主成分である3タイプを用い、シールド性や密着性等を比較した。同心円板状の3Dプリンタ造形物を導電性塗料スプレーにて全面コーティング後（膜厚：約0.05mm）、25時間乾燥させたものを試料とした。（図2参照）

各試料のシールド特性について、同軸管透過法により減衰量（dB）を測定・比較した結果を図3に示す。シールド効果は、銀銅、ニッケル、ステンレスの順であった。さらに、同試料を40℃・95%の環境下に72時間さらし、密着性について調べた結果、ステンレスは剥離が発生したが、ニッケル及び銀銅は劣化もなく安定性が確認できた。（図4参照）

シールド測定及び高温高湿試験の結果をふまえて、銀銅塗料をコーティング材に選定することとした。

### 3.2 高周波用ジグの試作及び工程の確立

保有ジグの形状・寸法計測により、同軸管を構成する外導体及び中心導体の設計データを作成し、3Dプリンタを用いての造形後、スプレーにて銀銅塗料をコーティングさせた。

膜厚の影響からジグの組み立て・着脱が困難となる部分もあったため、保有ジグより100 $\mu$ m程度小さく造形することで対処した。

また、当初はダイスを用いて外導体(コネクタ部)にネジを切っていたが、加工時の荷重により先端が割れることもあったため、事前にネジ部を造形データへ付加させて対処した。

導電性塗料のコーティングについては、表面抵抗や均一性に係る試行を繰返した結果、紙やすり(800番)による下地の調整後、3回に分けて重ね塗りすることとした

造形したジグを図5に、導電性塗料(銀銅)のコーティング後を図6に示す。

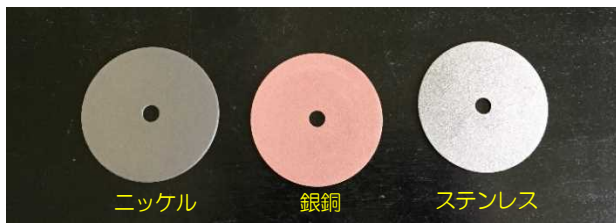


図2 導電性塗料の評価用試料

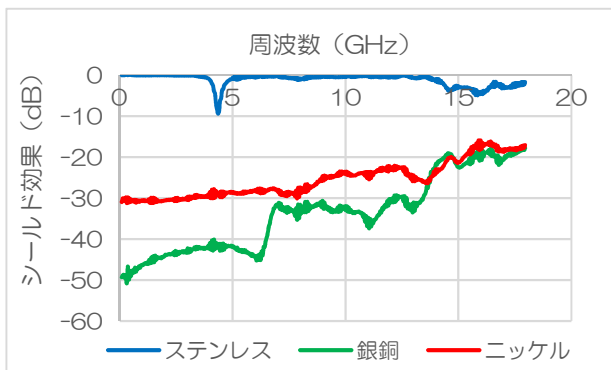


図3 導電性塗料のシールド特性



図4 ステンレス膜の剥離

### 3.3 試作ジグの性能評価

#### 3.3.1 同軸管反射法

実際に試作ジグ(同軸管)を用いて、標準サンプルの測定を行い、保有ジグとのデータを比較して相関について調べた。

同軸管反射法では、反射係数におけるパラメータからソフトウェアにより材料定数(誘電率)を算出した。

PTFEサンプルを用いて誘電特性について比較した結果、試作ジグの誘電率データの方が少し変動はあるが、保有ジグとほぼ同じ周波数特性が得られた。(図7参照)



図5 造形ジグ



図6 コーティング後ジグ

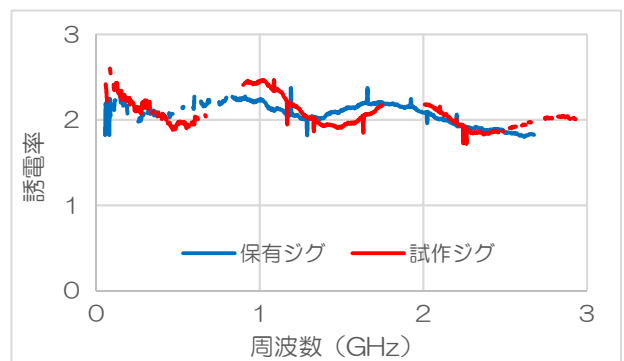


図7 誘電特性の比較

### 3.3.2 同軸管透過法

同軸管透過法では、透過係数における減衰量の大きさをシールド効果としている。

カーボン複合サンプルを用いてシールド特性について比較した結果を図8に示す。当初は、保有ジグとほぼ同じ周波数特性を示していたが、測定を繰り返すにつれ試作ジグによるデータのばらつきが大きくなった。要因について調べた結果、着脱の繰り返しによる接合部（外導体のネジ部及び中心導体のピン部）における塗膜劣化のためであることが判明した。（図9参照）

塗膜劣化部を導電性塗料にて修復したところ、周波数特性は安定するようになった。改めて、試作ジグにおける着脱回数と伝送特性の関連について調べた結果、回数が増えるにつれて減衰量が大きくなっていった。（図10参照）

### 4. まとめ

3Dプリンタ造形物に導電性塗料を組み合わせ、銀銅コーティングによる高周波計測用ジグ（同軸管）を試作した。保有ジグ（金属製）との比較測定の結果、ほぼ同じ周波数特性が得られたが、ジグ着脱の繰り返しにより塗膜劣化のためデータのばらつきが大きくなることがわかった。

実用に際しては、保有ジグの破損時における取り急ぎの代替や、保有していない周波数域ジグの補完（参考データ用）などへ適用可能と思われるが、事前にジグの伝送特性を確認し、減衰量によっては塗膜の修復が必要である。定常的運用の観点からは、ジグ着脱部の強化や金属3Dプリンタ（H30年度導入予定）の利用等、さらなる課題対処法が考えられる。

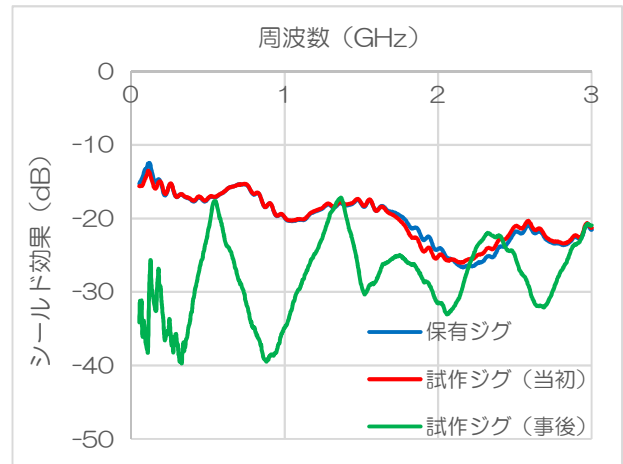


図8 シールド特性の比較

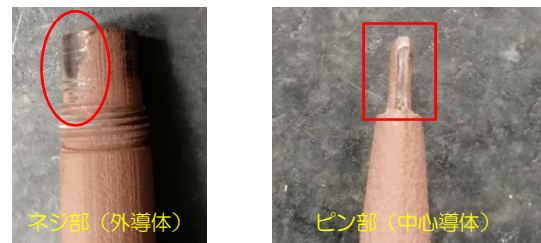


図9 試作ジグ接合部の塗膜劣化

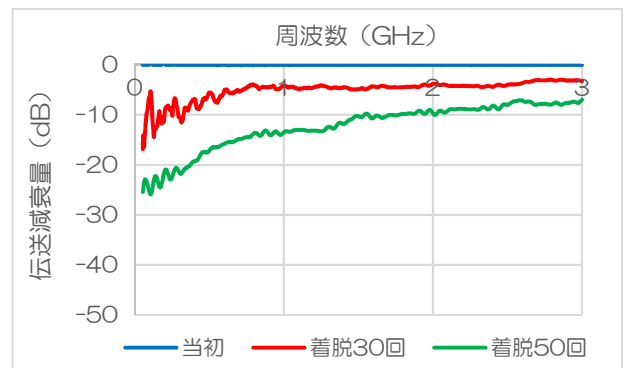


図10 試作ジグの伝送特性