



樹脂3Dプリントとめっきで製造する 通信用ミリ波帯導波部品

東京都立産業技術研究センター

研究開発本部 物理応用技術部 機械技術グループ

副主任研究員 小林 隆一

ミリ波帯の利用

ミリ波とは、30～300GHzの周波数の電磁波
通信分野では26～29GHz帯を準ミリ波としても扱う

ローカル5Gネットワーク



歩行者検出用レーダー

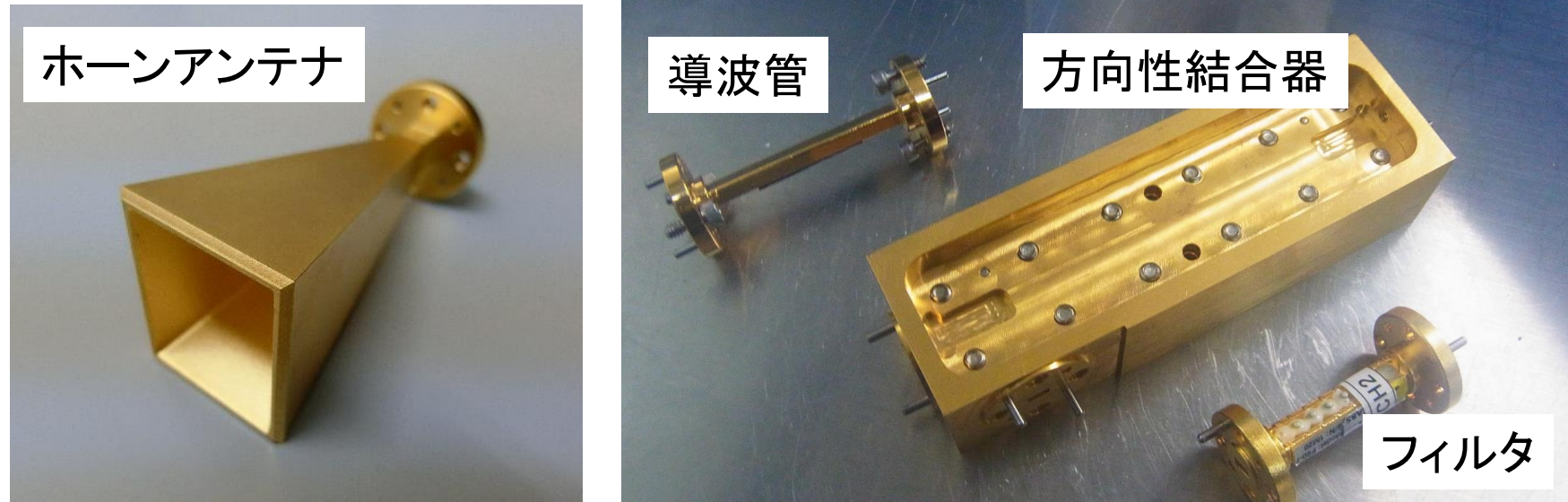


大容量データ伝送や高精度センシングへの活用

今後もミリ波帯産業の盛り上がりが期待できる

従来技術とその問題点

ミリ波伝送に使用する導波部品



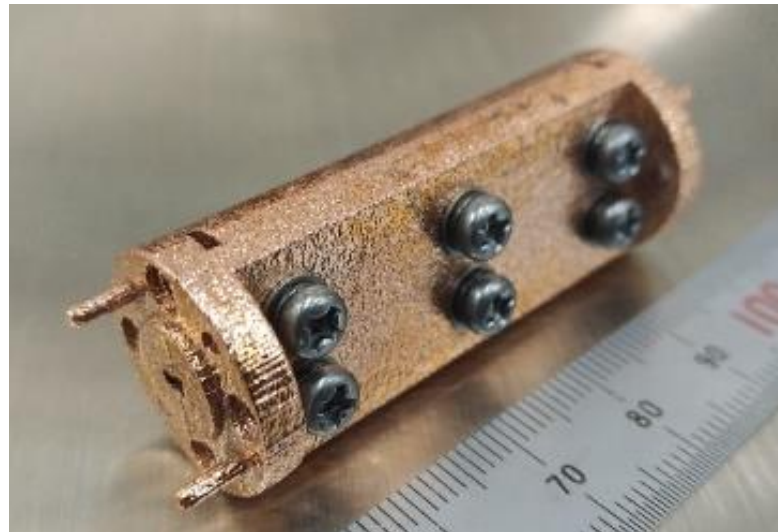
ミリ波帯の通信には伝送損失を抑えるため管状のホーンアンテナや導波管が使用されるが

- 一般的には金属製であり、高価で重い
- 複雑な形状は作製しづらい

新技術の特徴

従来技術とは異なる製法で導波部品を作る

樹脂の3Dプリントで2つ以上の部品を作り、
その表面をめっきによって導電性を付与し、
組み立てることで管形状を持つ導波部品を作る。



軽く、安価で、複雑な形状も作製可能な技術です

↑ 先行研究よりも重視

以降で詳しく説明

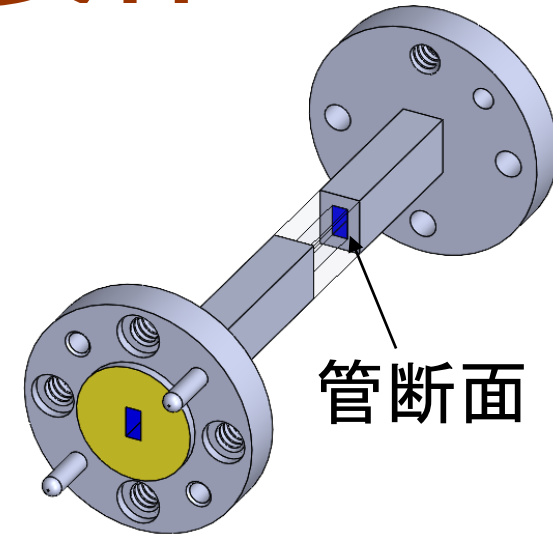


本発表の流れ

1. 樹脂3Dプリントの方式の中で、粉末床溶融結合を選択した理由について
2. 樹脂粉末床溶融結合とめっきによる導波部品の製造
3. 複雑形状を有するモジュールの製造

ミリ波帯導波部品^①の製造要件

- ① 数mm × 数mm断面の管形状を有すること
- ② 管の表面数 μm 程度に導電性を有すること
- ③ 表面はなるべく平滑にして、伝送損失を減らすこと



加えて

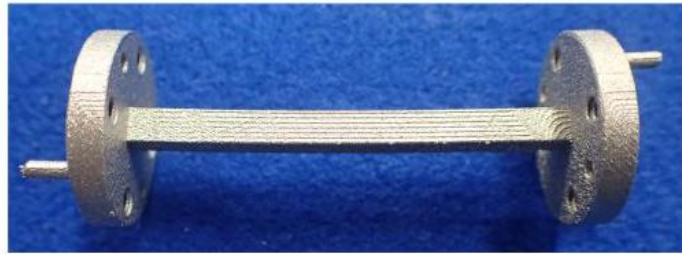
用途、性能に応じて様々な形状が求められる

例えば、管を曲げたい、管を分岐したい、特定の周波数だけ通したいは形状で実現する必要がある

複雑形状は3Dプリントの得意分野

3Dプリント導波部品の検討初期

導電性が必要なら金属3Dプリントで作ればよいのでは？
と誰しもが考える



金属3Dプリントで
作製した導波管

作ることは可能だが
高コスト

- 同じ形状の部品を3Dプリントする場合、
金属は樹脂の10倍程度の費用が掛かる
- 銅の3Dプリントの普及はこれから

従来技術の課題をあまり解決できなさそうと判断

樹脂3Dプリントとめっきで導波部品製造

先行研究



M. D'Auria *et al.*, "3-D Printed Metal-Pipe Rectangular Waveguides," in *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, vol. 5, no. 9, pp. 1339-1349, Sept. 2015,



R. Zhu and D. Marks, "Rapid prototyping lightweight millimeter wave antenna and waveguide with copper plating," *2015 40th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz)*, 2015, pp. 1-2

先行研究では

③表面はなるべく平滑にして、伝送損失を減らすを満たすために、光造形などの比較的表面がきれいな3Dプリントの方式を採用

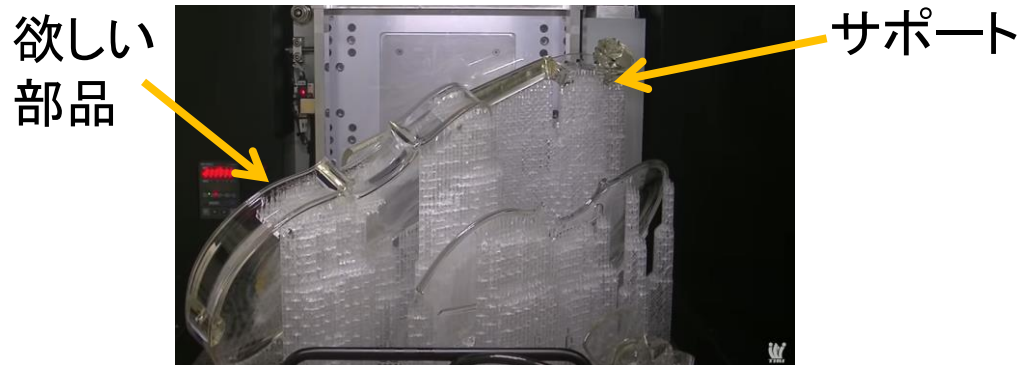
表面はきれいにできるけれども・・・

サポート構造について

光造形



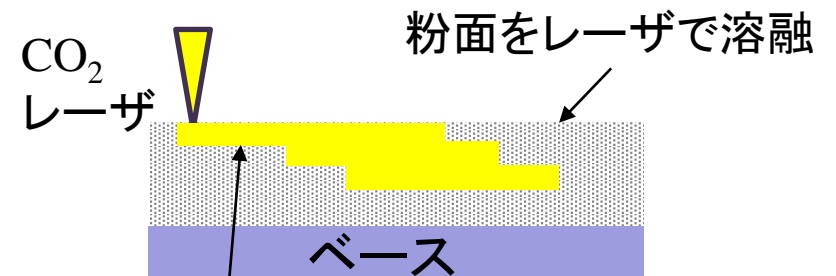
液面の下にサポート構造が必要



<https://www.youtube.com/watch?v=mRk0AGmkObc>

形状自由度△

樹脂粉末床溶融結合



粉末が支えるためサポート構造は不要



<https://www.youtube.com/watch?v=eOO0zj1Pyxg>

形状自由度○

複雑形状のミリ波部品を作るなら、樹脂粉末床溶融結合がよさそう



樹脂粉末床溶融結合の特徴

- 複雑形状の作製が容易
- 3Dプリンタの中では部品単価が安価

表面は
他の3Dプリント方式
よりもさらに粗い



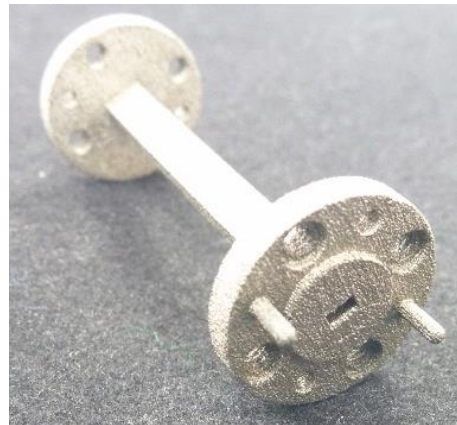
【本技術の考え方】
めっきで表面粗さを改善して、
性能が出れば、多少面が粗くて
もよいのでは？

めっきによる表面粗さ改善の試行

樹脂粉末床熔融結合による造形品表面はめっき膜厚増加によって粗さ改善が期待できることを確認した

膜厚(μm)	2.6	8.2	12.6	17.8	26.1
Sa(μm)	22.4	21.7	18.7	16.7	15.7

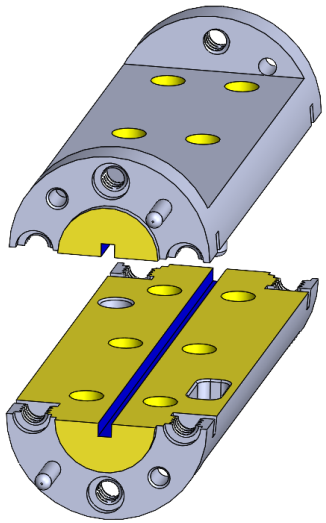
試しに、WR-10(2.54mm×1.27mmの管、75から110GHzを伝送)を3Dプリントし、めっき加工を実施



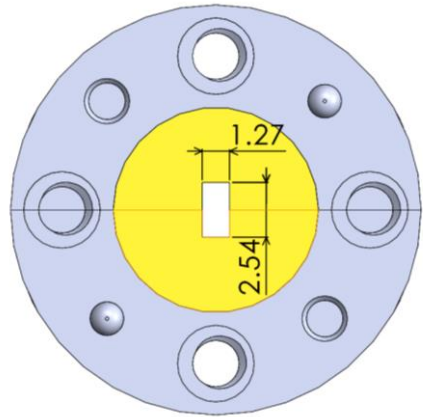
管内面は
めっきしにくい

分割型導波管の設計と製造

管へのめっきを優先した設計

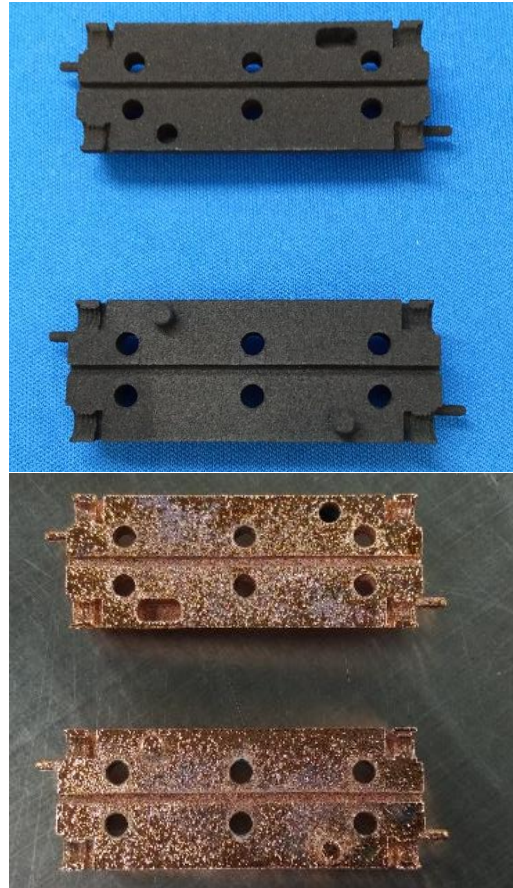


設計データ

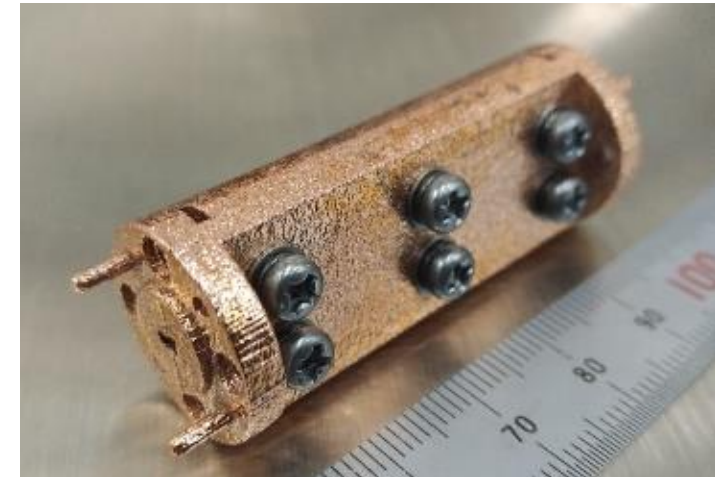


分割
ライン

伝送性能に影響が
少ない部分で分割

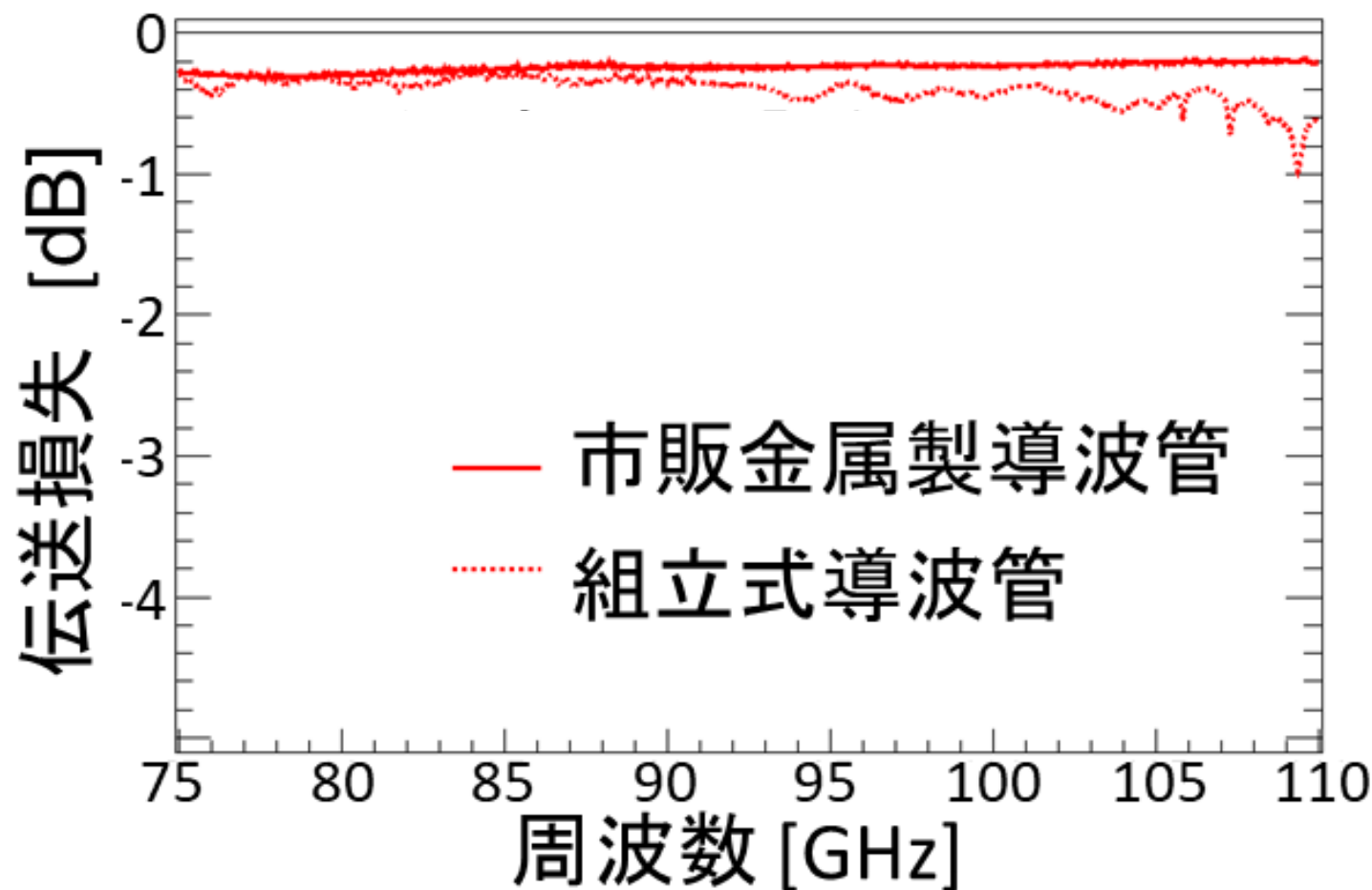


3Dプリント品を銅めっき



組み立て

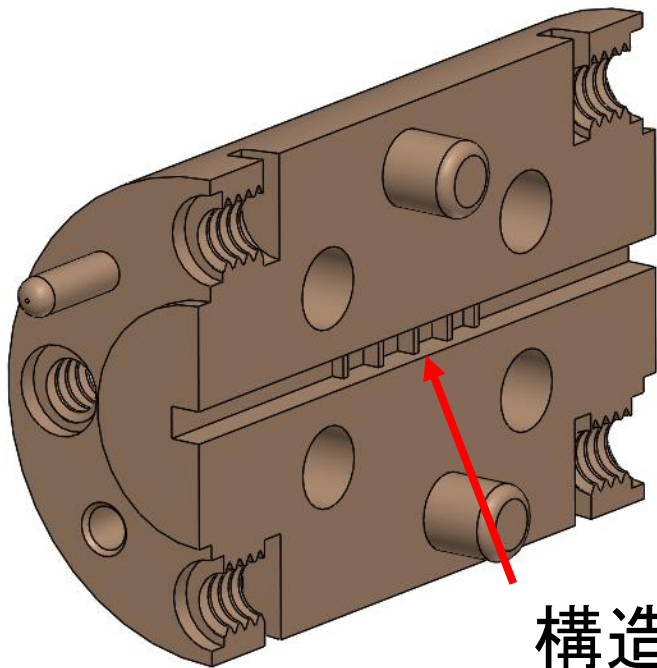
製造した導波管の性能



市販品とほぼ同等の性能を発揮することを確認

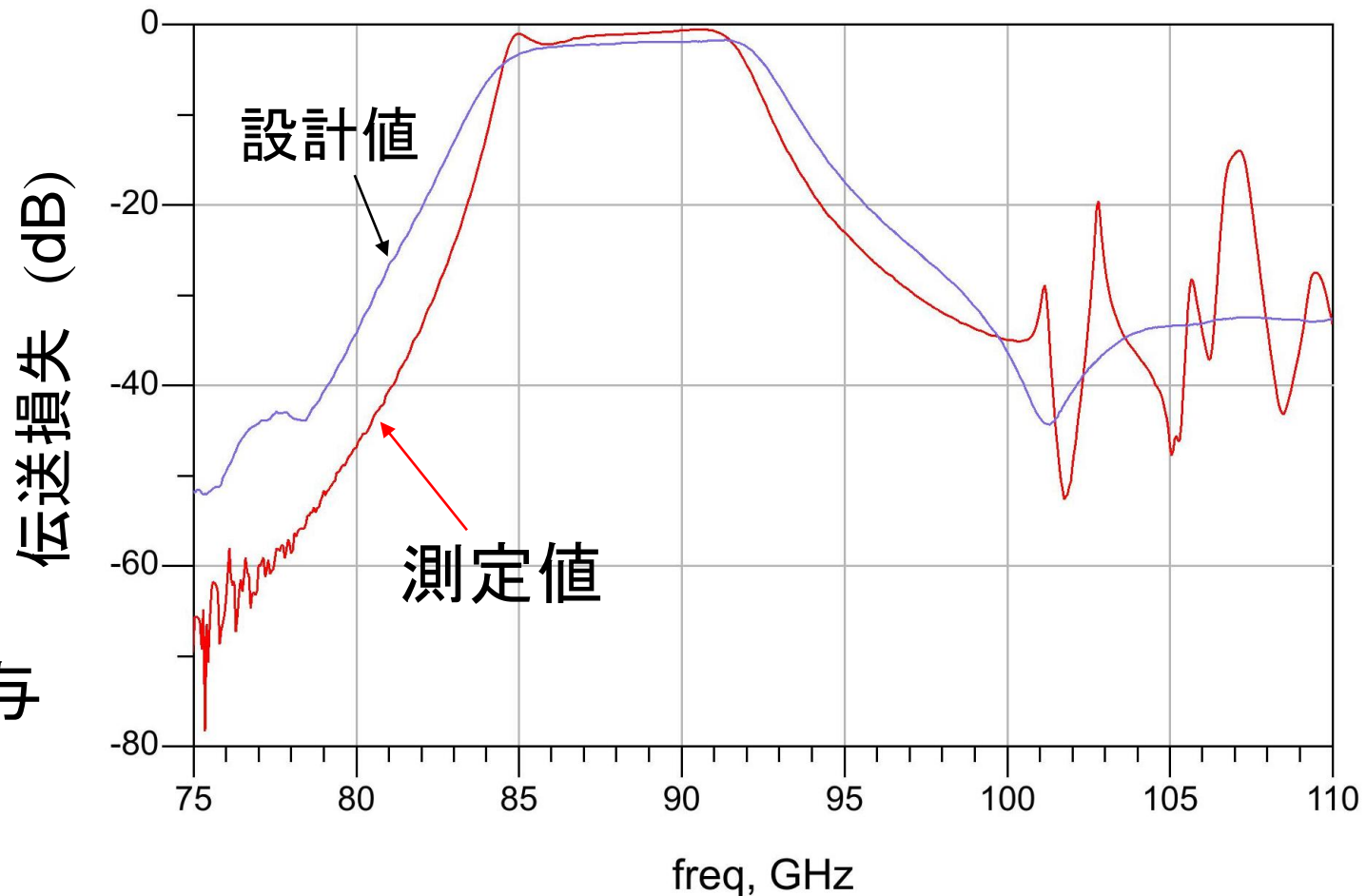
複雑形状の導波部品製造

バンドパスフィルタの製造



構造付与

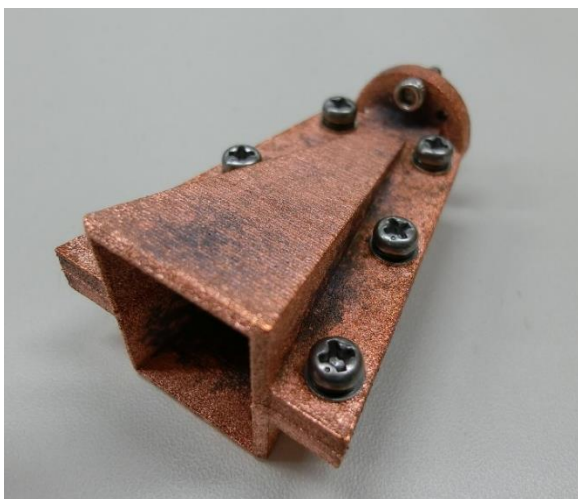
設計データ
(半分のみ表示)



狙い通り、特定の周波数帯のみ伝送

複雑形状の導波部品製造

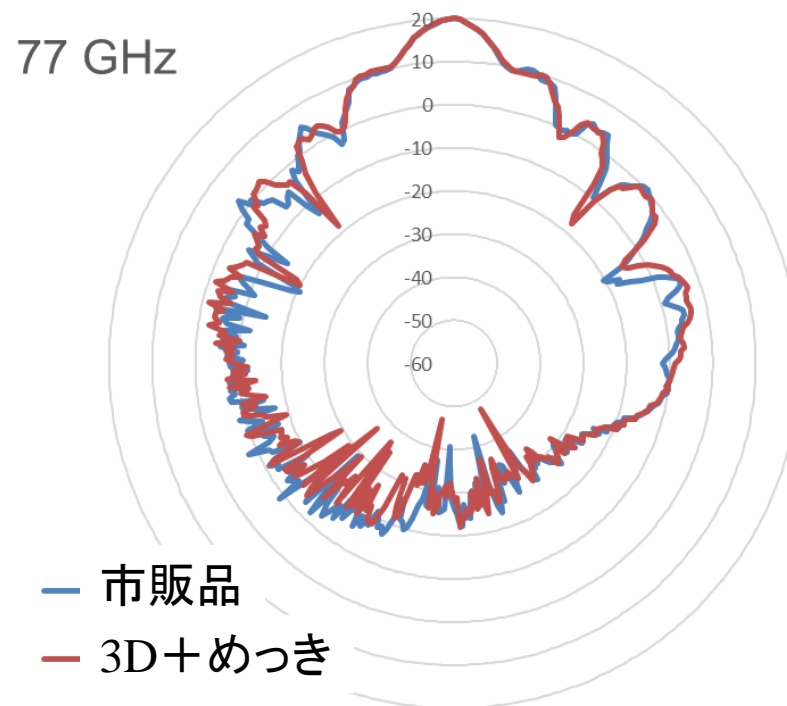
ホーンアンテナの製造



3Dプリント+めっき



市販品

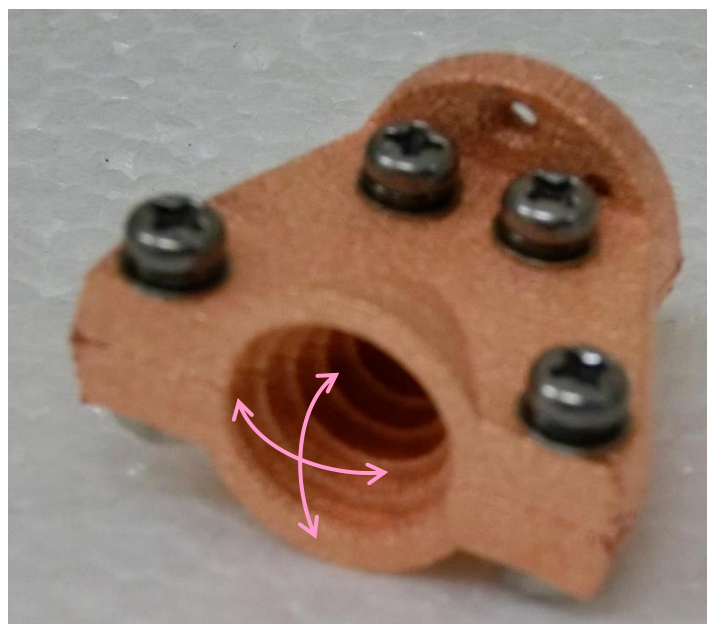


アンテナを回しながら
性能評価

市販品と同等の性能を発揮

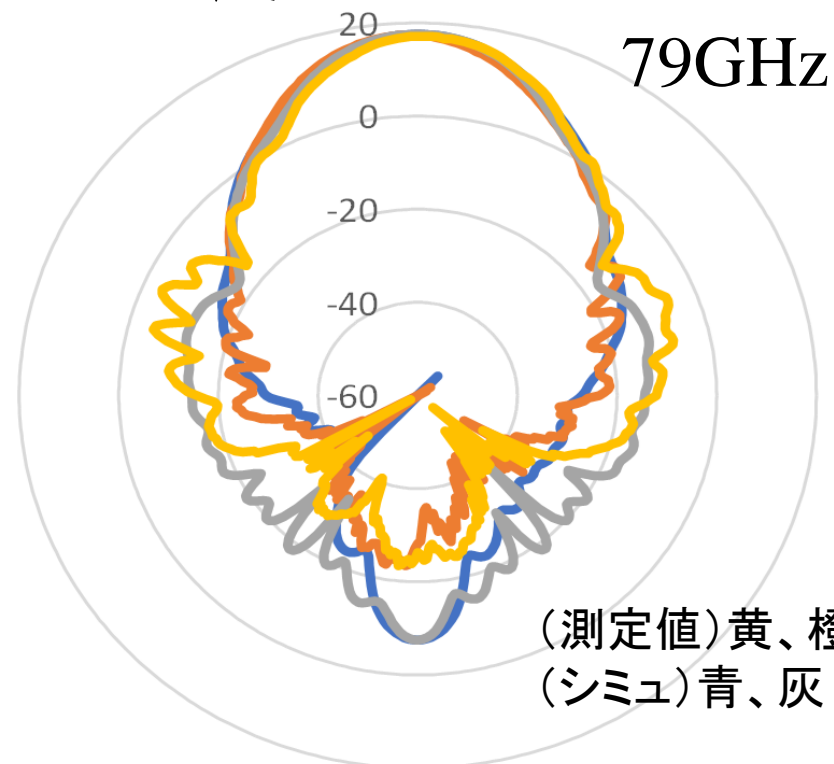
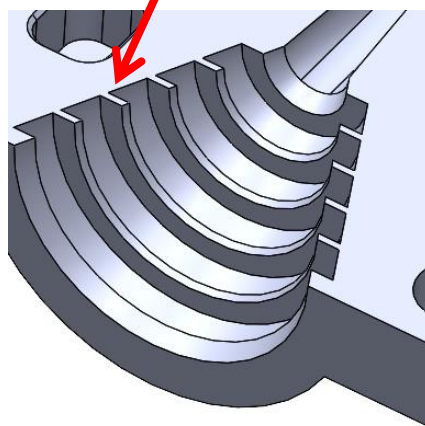
複雑形状の導波部品製造

コルゲートホーンアンテナの製造



回転方向が違ってても
対称な放射パターンを得られる

内部に
ひだ構造

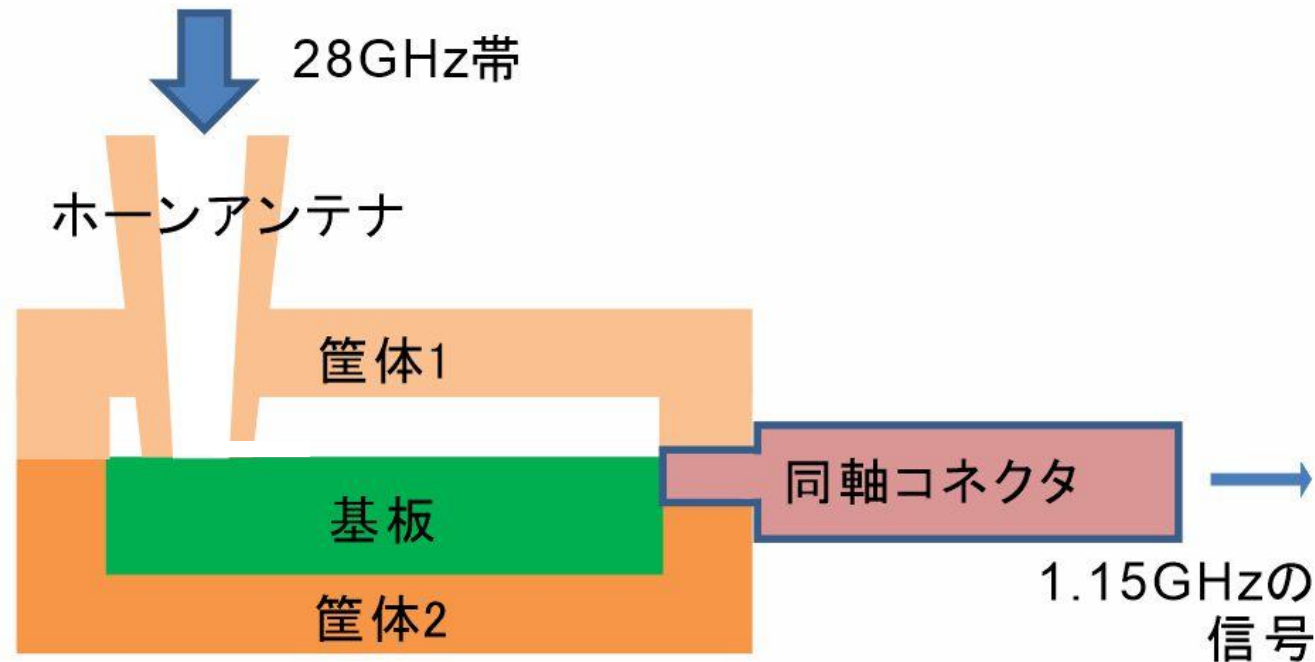


最大利得19 dBi

シミュレーション通り、E面とH面で対称な放射パターンを得ることができた

複雑形状へのさらなる展開

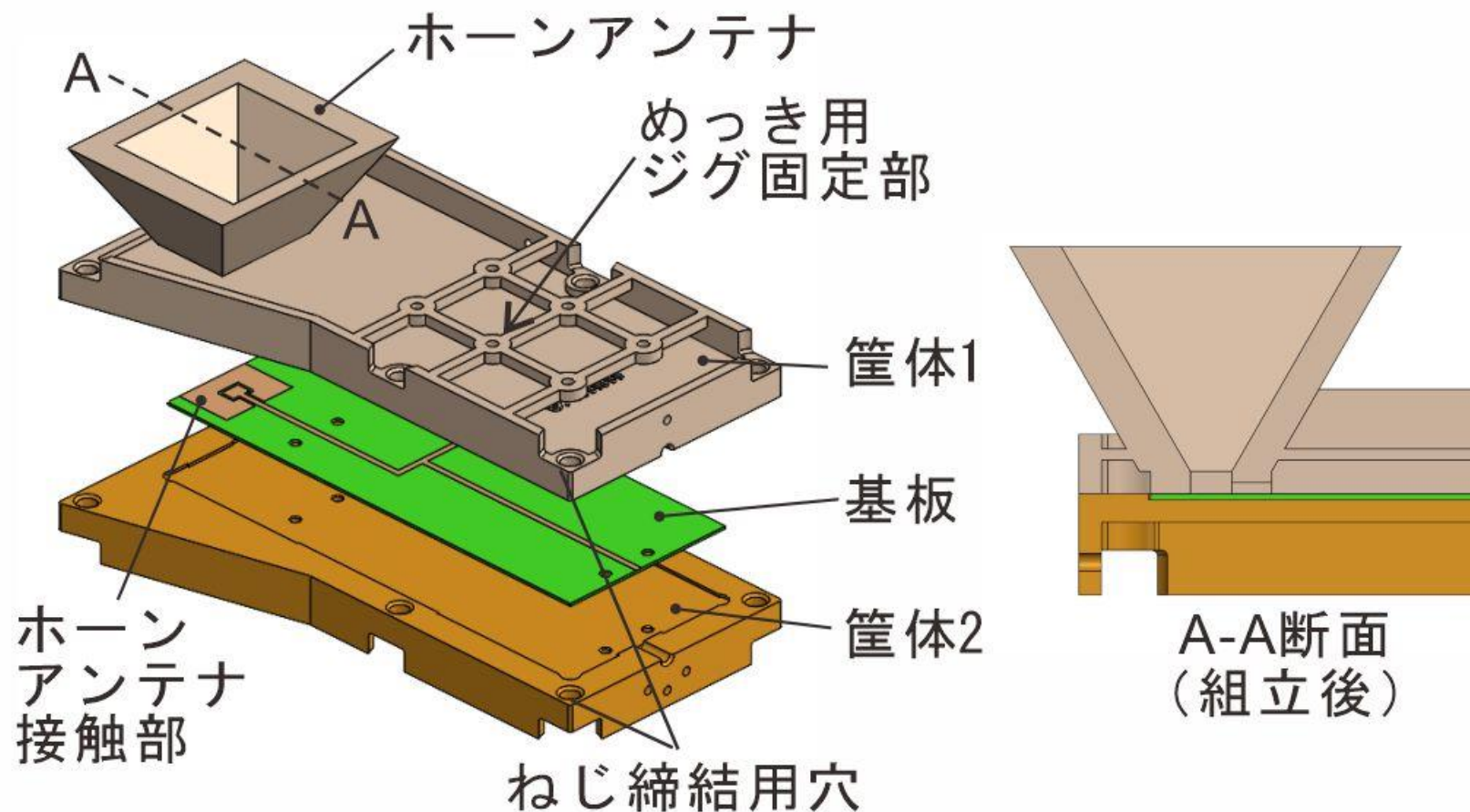
ここまでで紹介したのは導波管、アンテナの単体部品。
同技術を用いたモジュールを開発



ダウンコンバータモジュールの構成

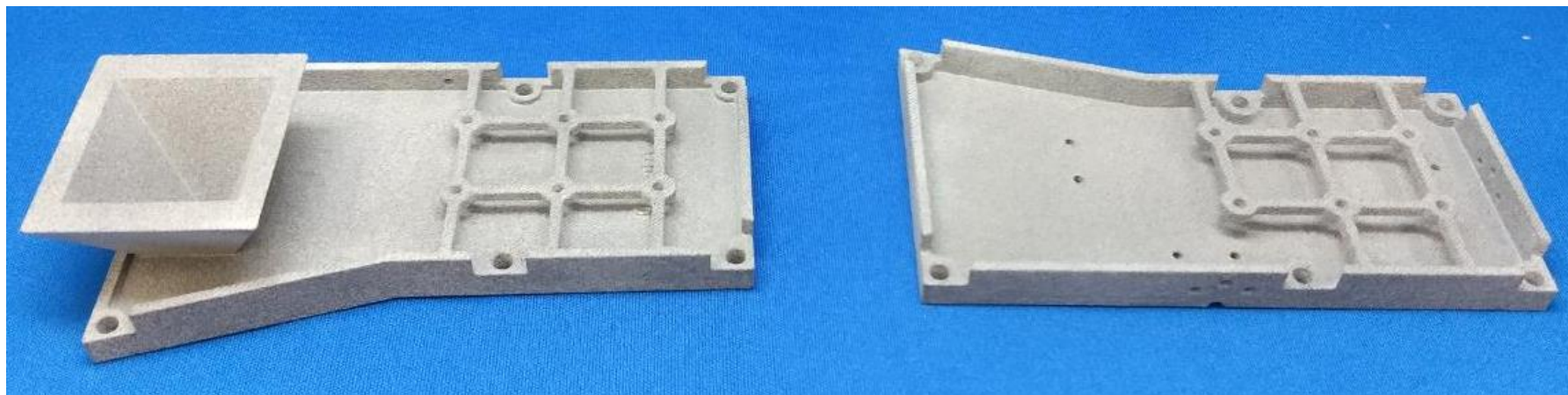
筐体1(ホーンアンテナ付き)と筐体2を3Dプリント+めっきで製造

モジュール詳細設計

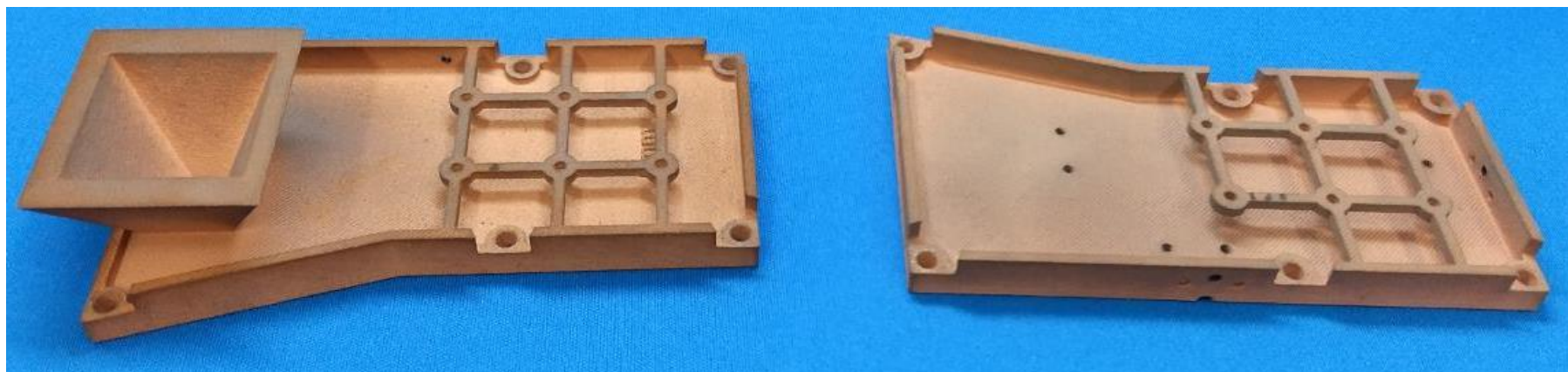


筐体の3Dプリントとめっき

めっき前

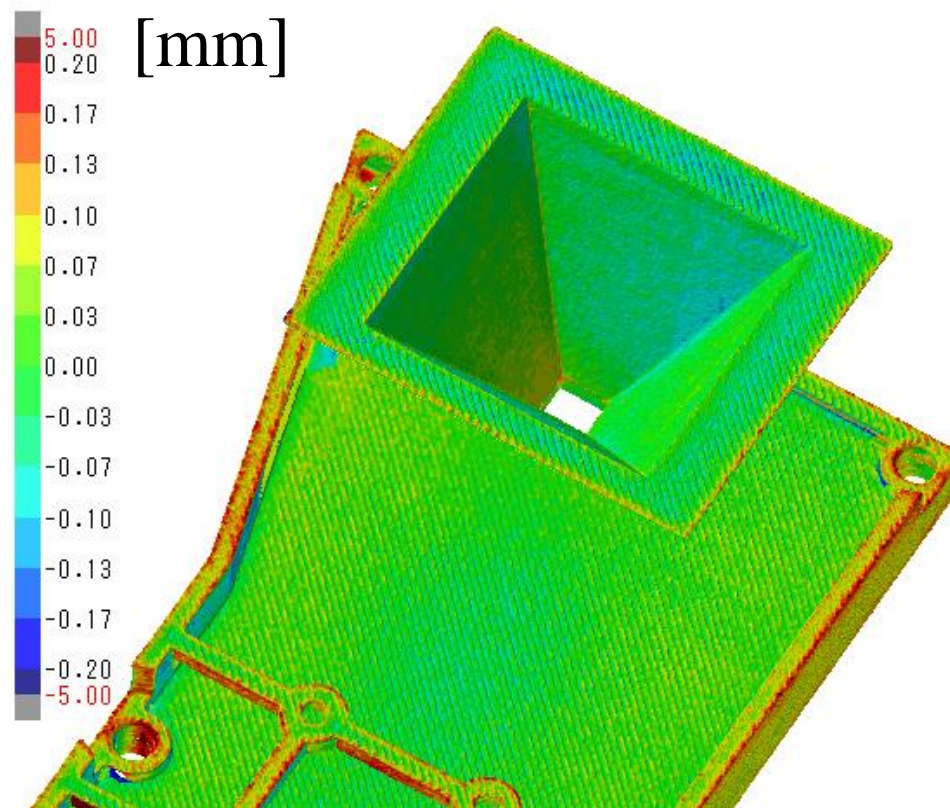


めっき後



モジュールの形状評価

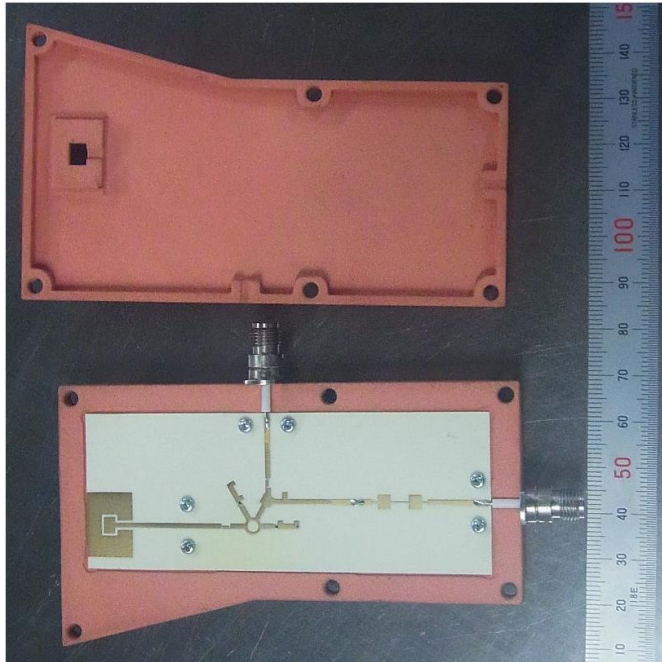
製造した筐体1の形状が設計どおり作成できているかを3Dスキャナを用いて評価



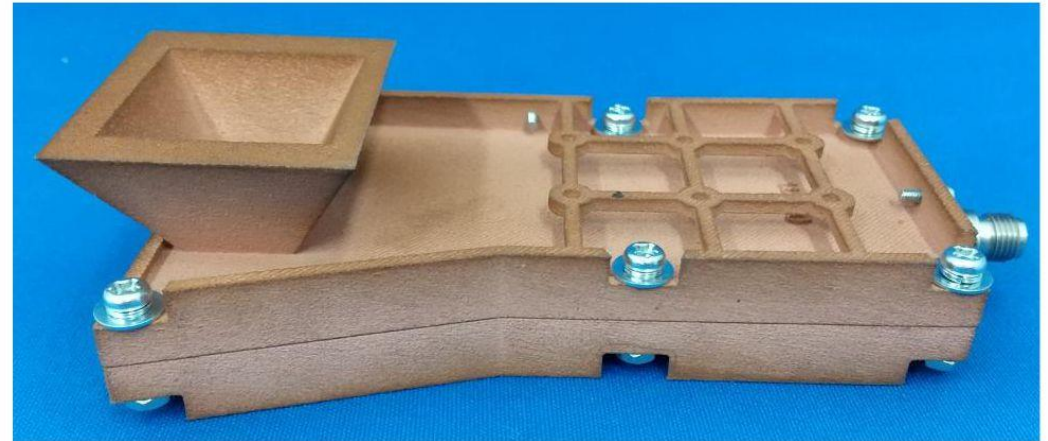
設計値と3Dスキャンデータの差を色で表示

おおむね問題なし

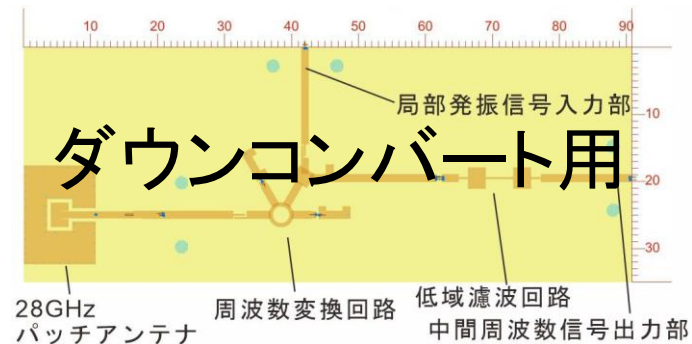
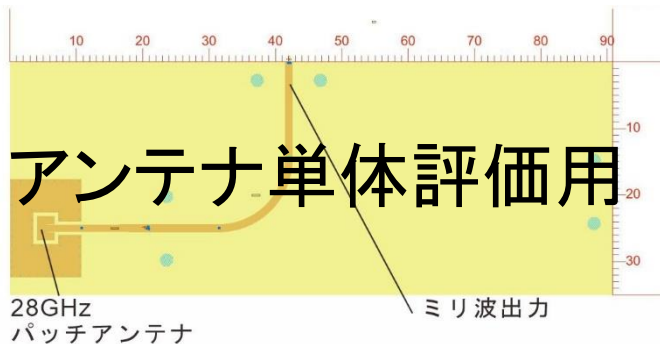
モジュールの組み立て



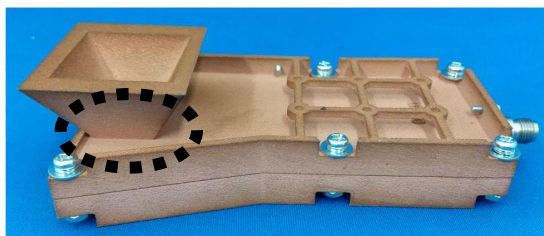
筐体2に基板組付け



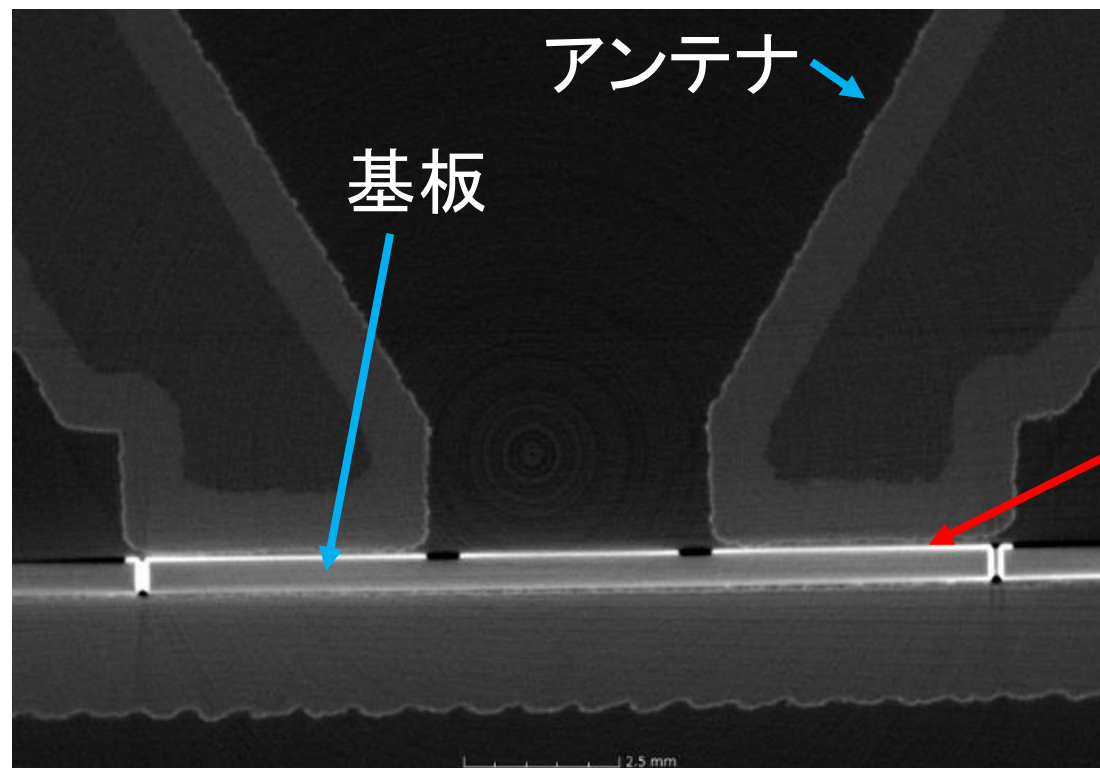
筐体1と筐体2をねじ締結



モジュールの組み立て後評価



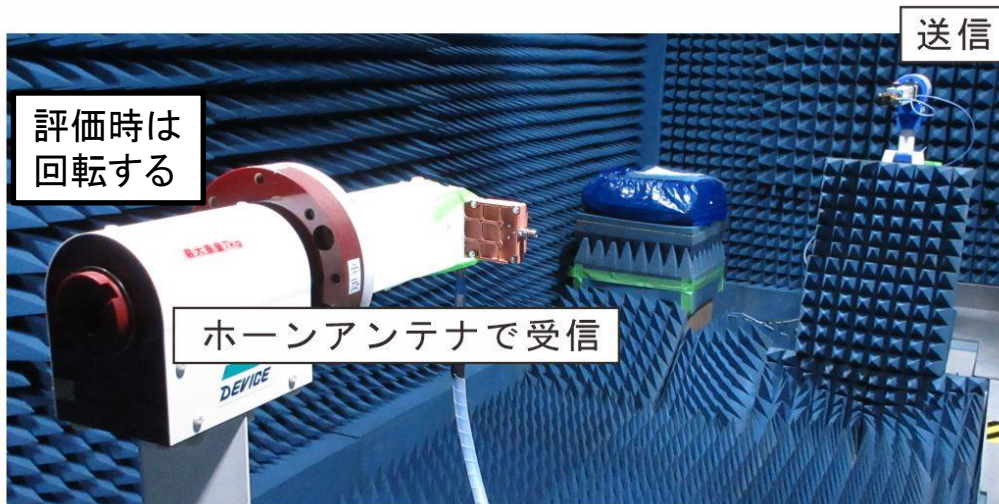
内部の接触が重要



X線CTスキャン画像

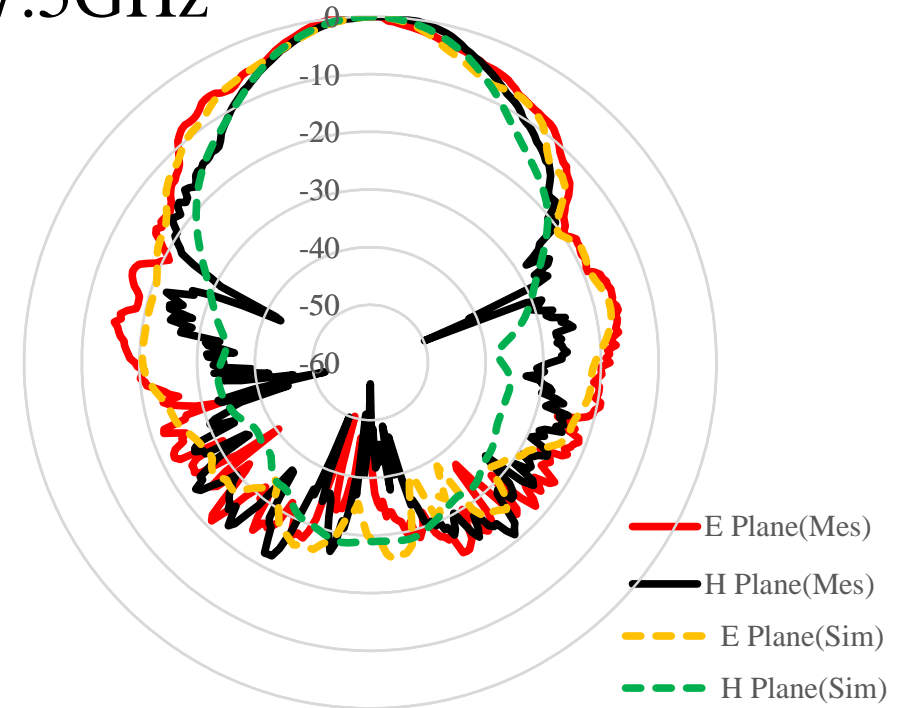
問題なく接触していることを確認

モジュールのアンテナ性能評価



アンテナ性能評価

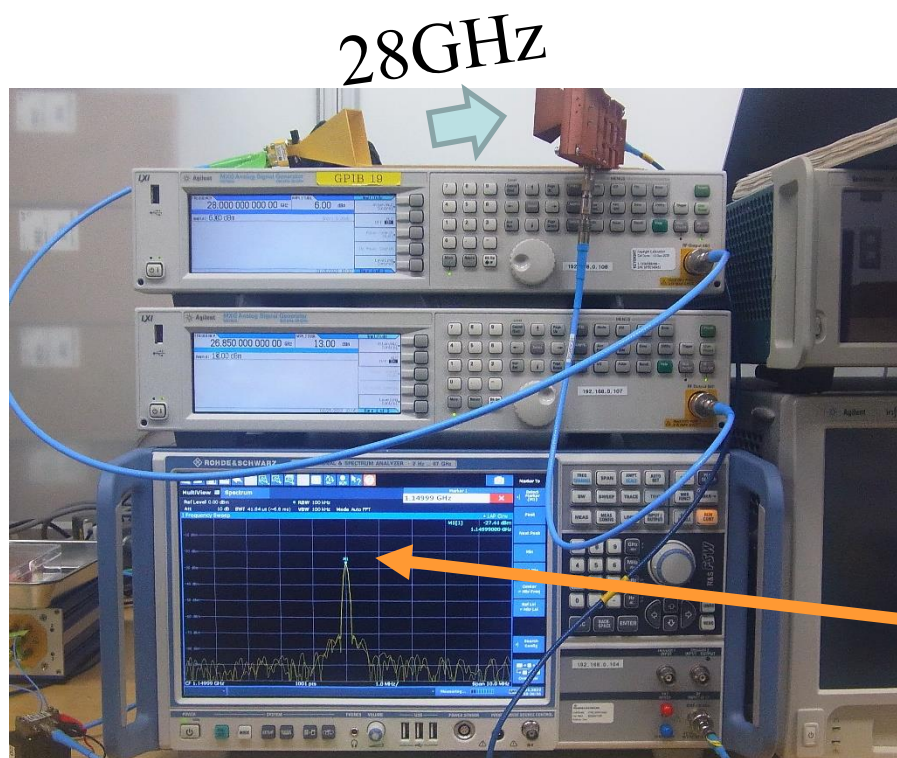
27.5GHz



測定値とシミュレーション値の
放射パターンがほぼ一致

アンテナ性能は良好

モジュールの周波数変換機能評価



1.15GHzに変換
できることを確認

総合的に、想定通りの性能を発揮

本技術は、導波部品製造からモジュール製造まで
様々な用途に対応可能

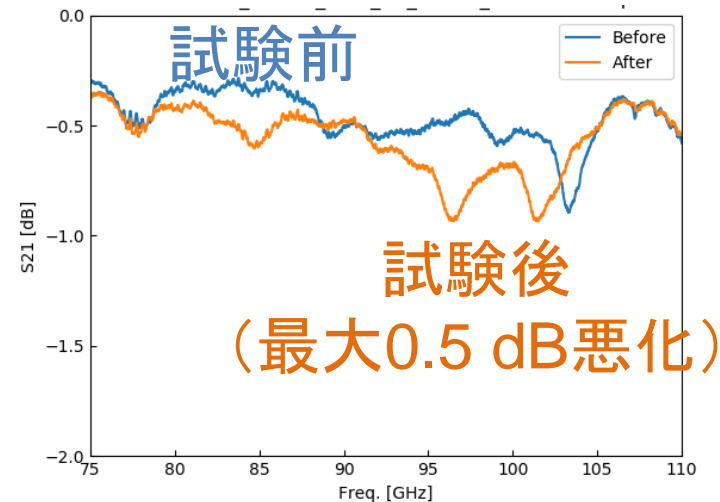
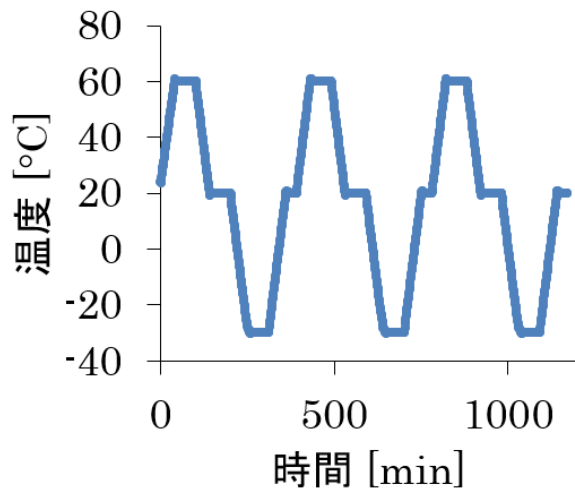


想定される用途

- 導波部品製造技術としての使用
- 新規開発案件の機能検証用の試作手段として活用できる
- ドローンやロボットなどへの通信機能実装

実用化に向けた課題

- 具体的なアプリケーション開拓
- 耐久試験はヒートサイクル試験のみ実施、アプリケーションに応じた耐久性検証が必要



ヒートサイクル試験概要



企業への期待

- 本技術を具体的なアプリケーションに適用するアイデアを持つ企業との共同研究を希望します。



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 導波管コンポーネント及び
導波管コンポーネントの製造方法
- 出願番号 : 特願2020-103592
- 出願人 : 地方独立行政法人
東京都立産業技術研究センター
- 発明者 : 藤原康平、渡部雄太、滝沢耕平
竹村昌太、桑原聡士、小林隆一



お問い合わせ先

東京都立産業技術研究センター
企画部 連携企画室 産業交流係

TEL 03-5530-2134

sangakuko@iri-tokyo.jp

都産技研ウェブサイトの技術相談受付フォーム(お問い合わせ)も
ご利用いただけます

<https://www.iri-tokyo.jp/>