

# Γ点で縮退したハイパボリックメタ表面による ミリ波帯異常透過現象の実証

## Extraordinary Transmission by Hyperbolic Metasurfaces with $\Gamma$ -Point Degeneration at Millimeter-Wave Bands

加藤 悠人<sup>†‡</sup> 真田 篤志<sup>‡</sup>Yuto KATO<sup>†‡</sup> and Atsushi SANADA<sup>‡</sup>

† 産業技術総合研究所物理計測標準研究部門 ‡ 大阪大学大学院基礎工学研究科

### 概要

Γ点において群速度が非ゼロとなる分散特性を持ったハイパボリックメタ表面を提案し、メタ表面を垂直に通過する透過波の利得が増大する異常透過現象を実証した。メタ表面の導波モードがΓ点において等位相で励振され、メタ表面が等価的に広がった等位相開口面として働くことで、透過利得の増大が実現される（下図左）。この異常透過現象は、原理的には放射源とメタ表面の間の距離に依存しないため、提案するメタ表面は、非常に簡素な構成の高利得放射システムを実現する可能性を秘めており、高速無線通信などにおけるビームシェーピングをはじめとする様々な応用への展開が期待される。

提案するメタ表面に対して、Γ点における導波モードが垂直入射波によって励振されるように、Γ点において左手系と右手系のモードを縮退させ、非ゼロの群速度を有するように設計した。さらに、交差偏波方向へのエネルギー流出を避けるために、ハイパボリックな異方性を持った分散特性となるように、異方的な単位格子を導入した（下図右中の挿入図）。設計したメタ表面の異常透過現象を、実験とシミュレーションの両面から実証した。実験では、アンテナ間に置いたメタ表面により、Γ点の周波数34 GHzにおいて、透過振幅が5 dB増大することを観測した（下図右）。提案するメタ表面による異常透過現象は、強い偏波依存性を有する。

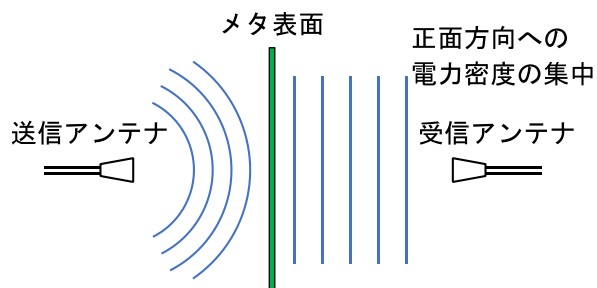


図 Γ点で縮退したハイパボリックメタ表面による異常透過現象の概念図

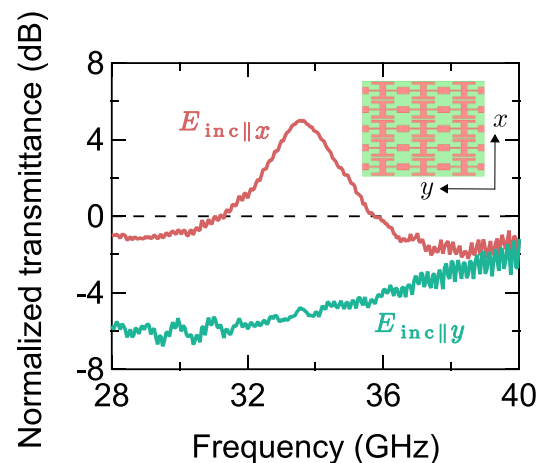


図 メタ表面がない場合で規格化した垂直入射波に対する透過振幅

### Abstract

We present a hyperbolic metasurface with the  $\Gamma$ -point degeneration for demonstrating the extraordinary transmission with the transmittance exceeding unity at millimeter-wave bands. The enhanced transmittance is realized by a beam narrowing of the transmitted wave through the metasurface that works as an effectively enlarged aperture with the in-phase excitation of the guided modes at the  $\Gamma$ -point. Our experiments reveal that the transmittance with the metasurface exceeds that without the metasurface by 5 dB at the  $\Gamma$ -point frequency of 34 GHz.