

## ADE-FDTD 法を用いた水媒質内での電波伝搬特性解析 人工衛星と地上間における電波伝搬特性解析に向けて

### Propagation Characteristics of Electromagnetic Waves in a Water Medium Analyzed by the ADE-FDTD Method Toward the Analysis of Radio Wave Propagation Characteristics Between Satellites and the Ground

○富田雅人<sup>1</sup>, 岸本誠也<sup>2</sup>, 大貫進一郎<sup>2</sup>\*Masato Tomita<sup>1</sup>, Seiya Kishimoto<sup>2</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>2</sup>

Abstract: In recent years, satellite communication has undergone significant advancements, and satellite connectivity has become available on certain smartphones. Nevertheless, such communication systems remain highly susceptible to atmospheric and meteorological conditions. Nevertheless, such communication systems remain highly susceptible to atmospheric and meteorological conditions, with attenuation and scattering caused by precipitation and cloud cover being recognized as major contributors to signal degradation. Accordingly, a quantitative analysis of the influence of atmospheric water on radio wave propagation is indispensable for improving communication quality. Since the interaction between water and electromagnetic waves exhibits strong frequency dependence, it is necessary to investigate the propagation characteristics in the optical and near-infrared regions.

近年衛星通信は飛躍的な発展を遂げており、スマートフォンでも一部衛星通信が可能となってきた。また、衛星通信でも広帯域化や、高周波数化が可能になれば高速通信が見込まれる。しかし、衛星通信は天候や大気の状態に影響を受けやすく、特に降雨や雲などによる減衰・散乱によって信号品質が低下することが知られている。このため大気中の水分が電波伝搬にもたらす影響を解析することで、通信の品質改善を検討できる。水による電磁波への影響は周波数に依存するため、光や近赤外線領域における伝搬特性を解析する必要がある。

本報告では、電磁界解析手法の一つである FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法<sup>[1]</sup>を用いて水媒質に対する近赤外線や光の伝搬状況を解析することで、疑似的に大気中の伝搬状況を解析する。しかし、水媒質は分散性を持つためこれを考慮しなければならない。そのため、分散性媒質の電磁界解析を行うために、FDTD 法に補助微分方程式(ADE: Auxiliary Difference Equation)を使用した ADE-FDTD 法<sup>[3]</sup>で解析を行う。Figure1 は解析モデルであり、解析空間内の反射を抑えるために PML(Perfectly Matched Layer)吸収境界<sup>[2]</sup>で解析空間を囲み、内部に光源および水媒質を設置する。PML の厚さを  $L_{PML}$ 、水媒質の厚さを  $L_w$  とし、その他の空間は真空とする。PML で周囲を囲むことで、反射波の影響を取り除くことが可能となり、水媒質による現象のみを観測することができる。この解析により、透過率や反射率の周波数依存性等を明らかにし、水媒質による吸収特性を評価し衛星通信の広帯域化や、高周波数化の検討に寄与する。

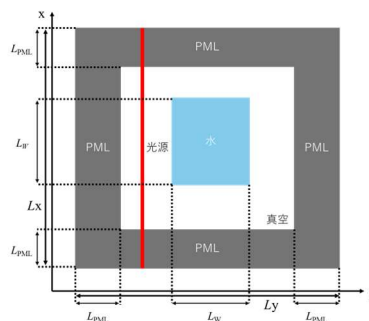


Figure1. 真空と水媒質の解析モデル

#### 参考文献

- [1] 宇野亨:「数値電磁界解析のための FDTD 法」, コロナ社, 東京, 2016 年.
- [2] 橋本修:「実践 FDTD 時間領域差分法」, 森北出版株式会社, 東京, 2006 年.
- [3] S. Kedenburg, M. Vieweg, T. Gissibl, and H. Giessen: “Linear refractive index and absorption measurements of nonlinear optical liquids in the visible and near-infrared spectral region”, *Optical Materials Express*, Vol.2, No.11, pp.1588-1611, 2012.