

4-13 電波伝搬解析プログラムへの回折効果の実装

小林研究室

1915018 奥田 涼介

1. はじめに

本学石坂圭吾教授と北陸電気工業株式会社が開発している登山者位置検知システム YAMAssist では、情報通信のために 150MHz 帯の電波を使用しており、電波が回りこむ回折効果の影響が、携帯電話等で使われる 2.4GHz 等の高周波帯に比べ大きい。この回折効果を電波伝搬解析プログラムへ実装することで、より精度の高い電波強度の計算を行うことを目的とする。

昨年の相宮[1]が作成したプログラムでは、地表面での多重反射効果を実装した。本研究では、回折効果の実装を目的とする。

2. 回折を伴う伝搬

本研究でも先行研究と同様に、レイトレーシングの方法として、レイローンチング法を用いる[2]。

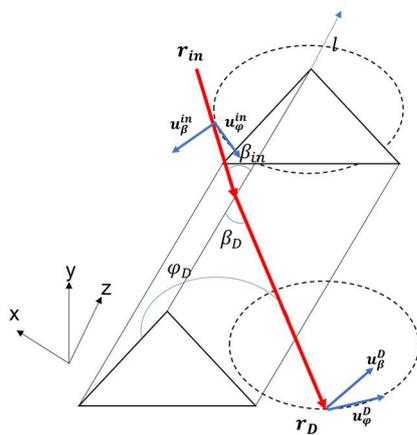


図1 エッジにおけるレイの回折現象

図1において入射波の単位方向ベクトルを \mathbf{r}_{in} とし、回折波の単位方向ベクトルを \mathbf{r}_D とする。入射した面と回折波がなす角を φ_D とすると回折波の単位方向ベクトルは、

$$\mathbf{r}_D = (\sin\beta_{in}\cos\varphi_D, \sin\beta_{in}\sin\varphi_D, -\cos\beta_{in}) \quad (1)$$

と表すことができる。次に、入射波の基底ベクトルを \mathbf{u}_{in} 、回折波の基底ベクトルを \mathbf{u}_D 、エッジ部の単位方向ベクトルを \mathbf{l} 、 \mathbf{r}_{in} の \mathbf{l} に対して垂直な成分を \mathbf{u}_φ^{in} 、 \mathbf{u}_β^{in} の \mathbf{r}_{in} に対して垂直な成分を \mathbf{u}_β^D 、 \mathbf{r}_D の \mathbf{l} に対して垂直な成分を \mathbf{u}_φ^D 、 \mathbf{u}_β^D の \mathbf{r}_D に対して垂直な成分を \mathbf{u}_β^D とすると、

$$\mathbf{u}_\varphi^{in} = \frac{\mathbf{l} \times \mathbf{r}_{in}}{|\mathbf{l} \times \mathbf{r}_{in}|} \quad (2)$$

$$\mathbf{u}_\beta^{in} = \mathbf{r}_{in} \times \mathbf{u}_\varphi^{in} \quad (3)$$

$$\mathbf{u}_\varphi^D = \frac{\mathbf{l} \times \mathbf{r}_D}{|\mathbf{l} \times \mathbf{r}_D|} \quad (4)$$

$$\mathbf{u}_\beta^D = \mathbf{r}_D \times \mathbf{u}_\varphi^D \quad (5)$$

と表すことができ、入射波の電界と回折波の電界をそれぞれ \mathbf{E}_{in} 、 \mathbf{E}_D とすると、(6)式と(7)式で表される。

$$\mathbf{E}_{in} = E_\beta^{in} \mathbf{u}_\beta^{in} + E_\varphi^{in} \mathbf{u}_\varphi^{in} \quad (6)$$

$$\mathbf{E}_D = E_\beta^D \mathbf{u}_\beta^D + E_\varphi^D \mathbf{u}_\varphi^D \quad (7)$$

3. 実験結果

前章で説明した回折波の単位方向ベクトルの(1)式と回折点と送信点の距離をもとに関数を作成し、回折波の伝搬を、プログラムを作成し確かめた。また、その回折波の進行方向を表す式は、入射角を β_{in} とし、(8)式で表される。

$$\mathbf{r}_D = |\mathbf{r}_{in}|(\sin\beta_{in}\cos\varphi_D, \sin\beta_{in}\sin\varphi_D, -\cos\beta_{in}) \quad (8)$$

実験に用いたエッジの状況の図を図2、実験の結果得られた三次元グラフを図3に示す[3]。図2の回折点と図3の白い点はそれぞれ対応しており、図3の緑色の点は回折波がそれぞれ到達している点を表している。

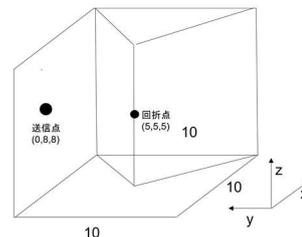


図2 実験状況

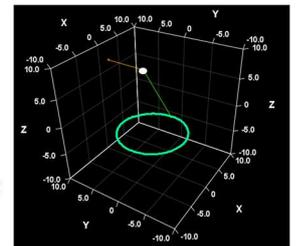


図3 実験結果

4. おわりに

本研究では、式(1)を基にした回折波の進行方向についての計算を行った。しかし、今回作成した数式をそのまま電波伝搬解析プログラムに実装することはできない。そのため、山岳モデルに対しての座標変換や、回折を起こすエッジ部のベクトルの計算、エッジの開き角の計算などを新たに作成する必要がある。

参考文献

- [1] 相宮健人, “高精度標高データを用いた山岳地帯における電波伝搬解析”, 富山県立大学大学院修士論文 2021年度.
- [2] 今井哲明, 「電波伝搬解析のためのレイトレーシング法-基礎から応用まで-」, コロナ社, 2016年
- [3] RINEARN 社, RINEARN Graph 3D
<https://www.rinearn.com/ja-jp/graph3d/>