

平面波による完全導体円板に対する散乱界の精密計算

Rigorous Calculation of Scattered Field on a Conductive Circular Disk by Plane Wave

C-1

福永 圭脩[†] 武藤 拓人[†] 黒木 啓之[†] 柴崎 年彦[†] 木下 照弘^{††}Keisuke FUKUNAGA[†] Takuto MUTO[†] Takashi KUROKI[†] Toshihiko SHIBAZAKI[†] Teruhiro KINOSHITA^{††}[†]東京都立産業技術高等専門学校

竹東京工芸大学

^{††}Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology^{††}Tokyo Polytechnic University

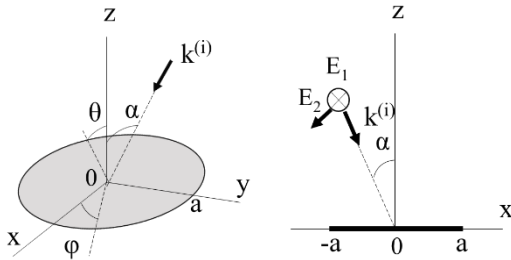
1. はじめに

円板上の電流分布の数値計算では、波源が平面波、水平微小ダイポール、垂直微小ダイポールで、半径が 3~10 波長の場合、多倍長精度計算を導入することで良好な結果が得られることがわかっている。

本研究では、多倍長精度数値計算を用いて、斜め方向から入射する平面波により生じる導体円板の散乱界について精密計算を行うことを目的とする。

2. 問題設定

図 1 に示すように、 $z=0$ の x - y 平面に原点を中心とした半径 a の厚みのない完全導体円板が置かれており、この円板に対し、 x の負の領域から角 α で平面波が入射してくるとする。



(a)導体円板(半径 a , 厚み 0) (b)平面波の座標系
図 1 導体円板および入射平面波の座標系

また、本研究では、解析が容易なヘルツベクトルを導入している。界全体のヘルツベクトル Π は、入射界、散乱界のヘルツベクトル $\Pi^{(i)}$, $\Pi^{(s)}$ で表現される。ここで、散乱界のヘルツベクトルは、 x , y 成分に分けて以下のように表される。

$$\Pi_x^{(s)} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_n S_m^n(r, z) \{A_m^n \cos n\varphi + B_m^n \sin n\varphi\} \cdots (1)$$

$$\Pi_y^{(s)} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_n S_m^n(r, z) \{C_m^n \cos n\varphi + D_m^n \sin n\varphi\} \cdots (2)$$

さらに、散乱界の計算は、ヘルツベクトルの極座標形式 $\Pi_\theta^{(s)}$, $\Pi_\varphi^{(s)}$ を用いて以下の式で計算することができる。

$$E_\theta^{(s)} = k^2 \Pi_\theta^{(s)} \cdots (3)$$

$$E_\varphi^{(s)} = k^2 \Pi_\varphi^{(s)} \cdots (4)$$

3. 多倍長精度数値計算

本研究では、精密計算を行う方法として多倍長精度数値計算を導入する。多倍長精度数値計算とは、倍精度以上の計算精度(データ長)で計算を行う手法である。本研究では、演算子での計算が可能で、精度保証付き計算機

能を持ち C++言語に対応しているなどの利点から、MPFR C++ライブラリを使用する。

しかしながら、ライブラリを用いる際は、データ長が冗長にならないよう配慮する必要がある。また、式(1), (2)の $A_m^n \sim D_m^n$ の、マトリクス方程式に関係する式においては、その大きさについても考慮しなければならない^[1]。

4. 遠方散乱界

ここでは、斜め入射時に必要なデータ長などのパラメータを考慮し^[1]、散乱界の計算を行った。ここでは、円板半径 a と波長 λ の比 $a/\lambda=3.5, 4, 6$, 入射角 $\alpha=30, 45, 60[^\circ]$ とした。また、 θ は $180 \sim -180[^\circ]$ まで観測し、円板の表裏でそれぞれ E_θ, E_φ を算出した。

結果の例を図 2 に示す。図は、 $a/\lambda=3.5, \alpha=30[^\circ]$ の場合である。横軸は $\theta[^\circ]$ 、縦軸は電界強度[dB]である。図より E_θ は θ の正負で対称な値になることがわかる。 E_φ は平面波が入射してくる θ が負の場合、つまり $-\theta=\alpha$ となる部分で最も散乱界の値が大きくなっている。また、 $|\theta|$ が $90[^\circ]$ を超える、つまり円板を裏側から見た場合、表側と同じ強度の電界が現れていることがわかる。

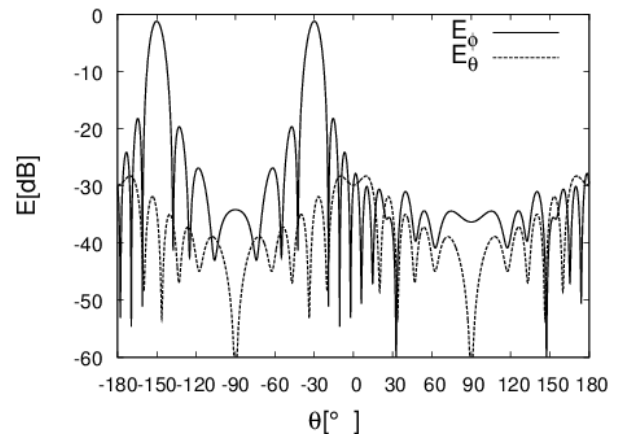


図 2 $a/\lambda=3.5, \alpha=30[^\circ]$ の遠方散乱界

5. おわりに

本研究では、斜めに入射してくる平面波によって円板周囲に発生する散乱界の精密計算を行った。

多倍長精度数値計算を導入することで、良好な結果を得ることができた。算出された散乱界は、平面波が入射してくる方向に非常に強い影響を持ち、円板の裏側でも同様の散乱界が得られることがわかった。

参考文献

[1] 福永ら, 信学技報 115(279), pp.19-22, 2015.10.