

電波伝搬シミュレーションに関する研究(1)

機械システム課 浅田峯夫 中央研究所 塚本吉俊 富山県立大学 三宅壮聡 岡田敏美

1. 緒言

とくに積雪時において登山者に小型軽量の発信器を携帯させ、雪崩などの遭難時に発信器から出ている電波を捕らえて遭難者の早期発見に役立てようとする山岳遭難者探索システムの性能向上が求められている。探索時の電波方位測定には、直接到来波の他に近在する山の斜面や積雪面により反射や回折して到来する干渉波が存在し、これらが誤差要因となる問題がある。そこで本研究では、積雪時にける山岳地帯の電波伝搬の様子を把握することを目的として、FDTD法(時間領域差分法)による電磁界解析手法を導入し、基本的な解析を行なったので、その概要を報告する。

2. FDTD法

FDTD法は、電磁界を表すマクスウェルの方程式を時間・空間領域で差分化し、電磁界(E,H)を直接解く手法で、誘電体や導体を含む解析空間を格子状に分割し、空間を伝搬する電磁界を計算する方法である。簡単なアルゴリズムで過度応答の解析ができ、しかも高精度であるなど特長があるが、長い計算時間と大きなメモリが必要などの理由でこれまで敬遠されてきた。しかし、パソコン性能の向上に伴い、ここ数年の間で急速に普及した。図1に、FDTD法での電磁界配置の様子を、図2には計算フローチャートを示す。

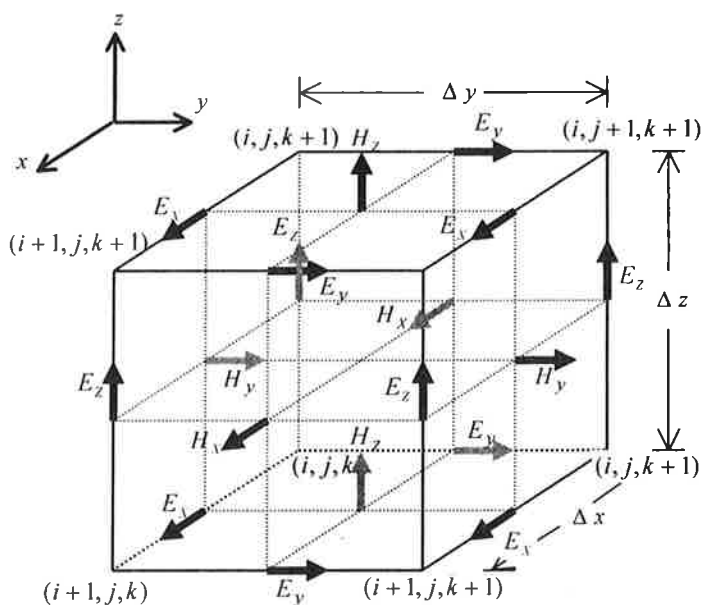


図1 3次元FDTD単位セル

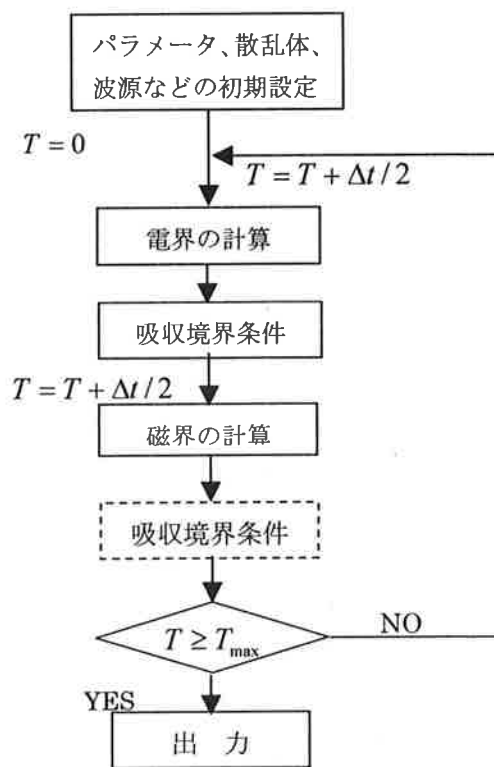


図2 FDTD法の計算フローチャート

2. 基本解析

2.1. 解析方法

FDTD法による基本解析では、狭い解析領域で自由空間を実現するために、解析領域の境界から反射波を如何に少なくするかが重要なポイントとなる。今回は、基本的な解析のため Mur1次および2次の吸収境界条件を用いた。また、時間ステップは、クーランの安定条件を満たすように設定した。また、基本ソースプログラムの開発は、計算結果を容易に3次元グラフィック表示できる数式処理ソフト「Maple V5、サイバネットシステム(株)」を用いて行った。このソフトウェアのアニメーション機能を利用すると、電磁界分布の時間的な変化を容易に視覚表示させることができる。

2.2. 誘電体を通過する電波(1次元)

まず、解析領域に誘電体が存在し、電波がその中を通過する場合について解析する。図3に、その解析結果を示す。ここで、吸収境界条件には Mur1次を用いた。図より、境界点で電波インピーダンスの不整合による様々な反射が生じている様子がわかる。

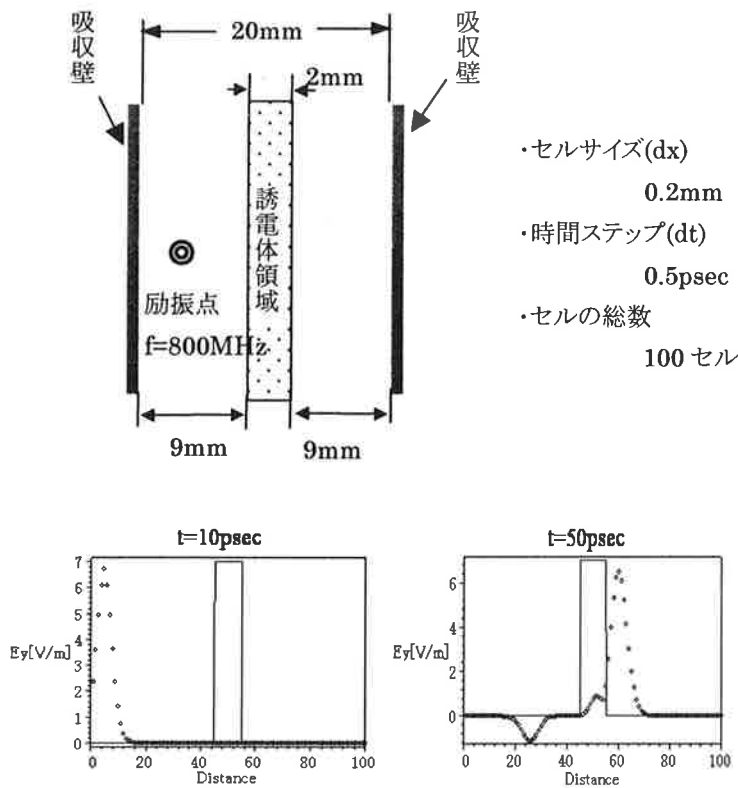


図3 誘電体を通過する電波

2.3 金属壁で囲まれた電波 (2次元)

図4に、励振点の周囲が金属壁で囲まれた場合の解析結果を示す。電波は壁面で何度も反射を繰り返し、部屋の中で定在波となっている様子が分かる。

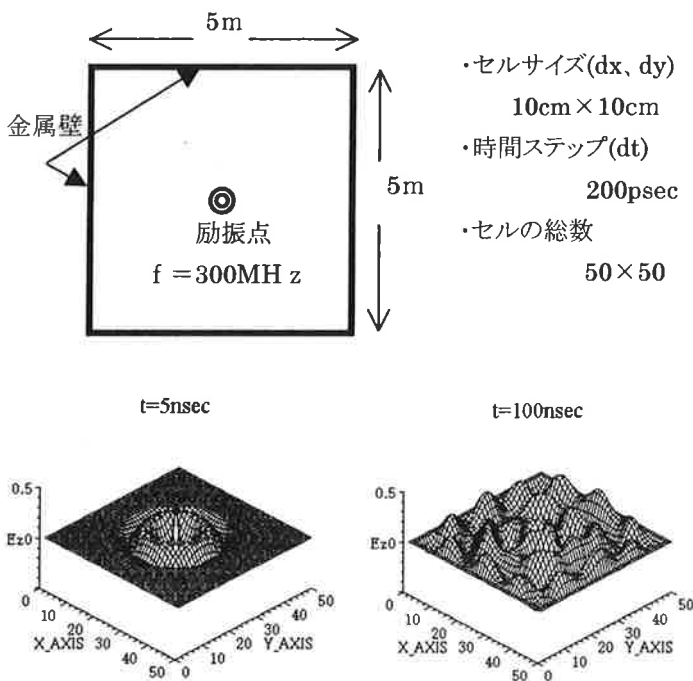


図4 金属壁で囲まれた電波

2.4 部屋の間隙からの漏洩電波 (2次元)

図5に、部屋の間隙から電波が漏洩する場合の解析結果を示す。吸収境界条件には Mur 1次を用いた。電波が部屋の壁の間隙から漏れて外部へ広がっていく様子が分かる。

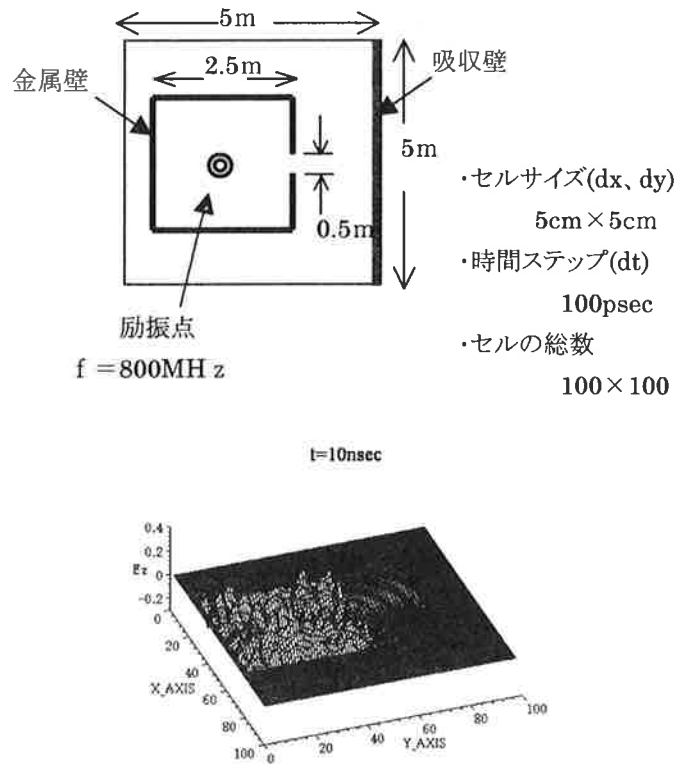


図5 部屋の間隙からの漏洩電波

2.5 自由空間で発射された電波 (3次元)

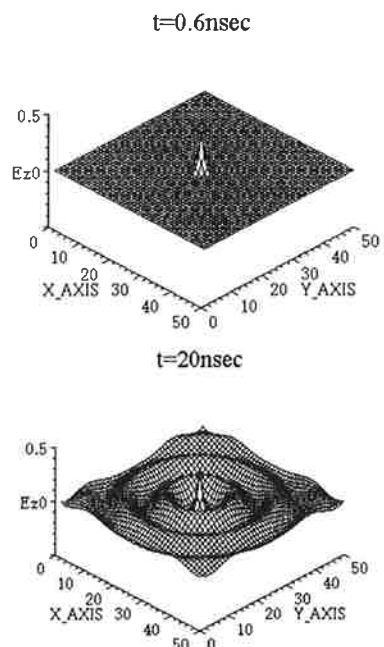


図6 自由空間で放射された電波

図6に、自由空間に放射された電波の解析結果を示す。吸収条件には、Mur 2次と Mur 1次の組み合わせ、あるいはPML法を用いた。セルサイズは、 $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 10\text{cm}$ 、時間ステップは 180psec、解析領域の大きさは $50 \times 50 \times 50$ セルとした。図より、解析領域の境界で電波が反射せずに、あたかも自由空間において伝搬しているような様子が確認できる。

2. まとめ

積雪時にける山岳地帯の電波伝搬の様子を把握することを目的として、FDTD法による基本的な電波伝搬解析を試みたところ、正常な結果を得た。また、留意すべき点として、1)解析目的に応じて、1次元、2次元、3次元と使い分けると、計算時間が短くなる。2)高精度で速い計算には、吸収境界条件にPMLを、ソースプログラム言語にはFortranを用いて計算を行なう方が良いなどがあった。

<参考文献>

- (1) 宇田 亨「FDTD法による電磁界およびアンテナ解析」コロナ社
- (2) 橋本 修「時間領域差分法入門」森北出版社
- (3) 小寺敏郎「FDTD法による電磁界解析プログラムの製作」トランジスター技術、1997、6月号、p347

キーワード：電波伝搬、FDTD、吸収境界、誘電体

Simple Analyses of Radio Wave Propagation by FDTD Method

Mineo ASADA, Yoshitoshi TSUKAMOTO, Taketoshi MIYAKE, Toshimi OKADA

The finite difference time domain (FDTD) method has become a powerful tool for analyzing the electromagnetic problems of the model with the complex configuration. In order to predict the radio wave propagation in the snow, we prepared the simple models analyses by FDTD method. As a result, it was confirmed that the source program was correct, and the time of FDTD calculation was shortened for using the proper dimension analysis in according to the model.