OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	FDTD法による発振器集積型フェーズドアレイパッチアンテナのシミュレーション
Author(s)	塩見, 英久; 森榮, 真一; 岡村, 康行
Citation	電子情報通信学会総合大会講演論文集. 2008, 2008(通信(1)), p. S-47-S-48
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/51293
rights	Copyright©2008IEICE
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

BS-12-1

FDTD法による発振器集積型フェーズドアレイパッチアンテナのシミュレーション

Simulation of Phased Array Antenna Integrated with Oscillator using FDTD Method

塩見英久 Hidehisa Shiomi　森榮真一 Shinichi Morisaka　岡村康行 Yasuyuki Okamura

大阪大学大学院基礎工学研究科
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

1 まえがき

発振器集積型フェーズドアレイアンテナは大規模無線送電アンテナに適している。この構造は発振器が周辺の電磁環境とアンテナを介して強く電磁結合するため、効率的な回路設計には電磁界と電子回路の連携シミュレーション技術が不可欠である。本講演ではFDTD法による発振器集積型フェーズドアレイパッチアンテナの指向性のシミュレーションについて発表する。

2 動作原理

アンテナの構造を図1に示す。中心線に対して対称位置に2つの給電点を有するパッチアンテナを、特性インピーダンス50Ωで電気長$1\lambda_g$の伝送線路で接続し、伝送線路の中央から$\lambda_g/4$外側にオフセットした位置に、$\lambda_g/4$インピーダンス変成器を介して発振器を接続する。さらに、最も外側の給電点に高Qの参照発振器を接続した構造である。参照発振器の発振位相は精密に制御できるものとする。

中心線に対して対称な2点で給電したパッチアンテナは、各々の給電点を同振幅、逆位相で励振した場合に50Ωで整合するよう設計した。2つの給電点が異なる振幅、または位相で励振された場合、振幅、位相に応じて反射波が発生する。

アレイ両端の参照発振器を逆相で励振した状態で各発振器を駆動する場合を考える。各々の発振器が自励発振し始めた時には各々の発振周波数、位相は異なっているが、パッチアンテナから反射して発振器に逆流する信号の影響で互いの発振器同士が同期される。定常状態では互いの発振器がパッチアンテナの2つの給電点をそれぞれ逆相で励振する位相関係になる。

アレイ両端の参照発振器の位相を変化させると、パッチアンテナの整合条件が崩れて反射波が発生する。逆流した反射波によって各発振器の動作条件が崩れ、発振位相が変化する。参照発振器間の位相差が小さければ、各パッチアンテナは線形の位相傾斜をもって励振され、ビームの主放射方向が変化する。

3 連携方法

一般に電磁界の解析にはマクスウェル方程式が、電子回路の解析には接点電圧方程式または網目電流方程式が用いられる。本シミュレーションでは、マクスウェル方程式の解法にFDTD法を、接点電圧方程式の解法にオイラー法をそれぞれ用いた。電子回路をFDTD法の解析格子内に図2の様に配置したとき、格子上の電界E、磁界Hと電子回路の電圧v、電流iとは式(1)の関係で連結できる。

$$\begin{aligned}(\Delta\times\mathbf{H})_z\Delta s &= C_0\frac{dv}{dt}+i \\ E_z\Delta z &= v\end{aligned} \tag{1}$$

ここで、$\Delta x,y,z$は格子各辺の寸法、$\Delta s=\Delta x\Delta y$は格子底面積、$C_0=\varepsilon\Delta s/\Delta z$は格子の上面と底面を電極と考えたときの静電容量である。式1をオイラー法により差分化し、$H^{n-1}\simeq H^n$であると仮定すると、電圧vの時間発展は式(2)で表せる。

$$\begin{aligned}v^n &= v^{n-1}+\frac{\Delta t}{C_0}\left\{i_{in}^{n-1/2}-h\left(v^{n-1}\right)\right\} \\ i_{in}^{n-1/2} &= \left(\nabla\times\mathbf{H}^{n-1/2}\right)_z\Delta s\end{aligned} \tag{2}$$

ここで、Δtは微小時間間隔、$n,n-1$は、それぞれnステップ目、n-1ステップ目を表す添字、$i=h(v)$は電子回路の電流と電圧の関係である。このとき、時間発展に伴って各変数が相互作用する様子を図3に示す。

4 シミュレーション

参照発振器は正弦状の強制波源、発振器は並列型のファンデルポール発振器としてシミュレーションを行った。基板の比誘電率が4.8、厚みが0.8mm、基板寸法が182.3mmx75.0mm、矩形パッチの一辺が28mm、パッチ間隔が58.8mm、パッチ配列がE面配列、発振器及び強制信号の発振周波数が2.363GHz、パッチアンテナの入力インピーダンスが132Ωとして計算した。

図4にパッチアンテナの各々の給電点における励振位相を示した。四角印が参照信号を逆相(π rad.)で励振した場合、三角印が位相差($\pi+1.0$ rad.)で励振した場合を示す。図より、位相差を付けた場合に位相傾斜が発生することが確認できる。図5に放射指向性を示す。破線が逆相、実線が位相差をつけた場合である。強制信号に位相差をつけることで主放射方向が6.75度変化する事がわかる。

5 まとめ

発振器集積型フェーズドアレイパッチアンテナのFDTD法によるシミュレーションについて報告した。電磁界構造と電子回路とが密接に相互作用する系をFDTD法とオイラー法を組み合わせた手法によりシミュレーショ

Copyright © 2008 IEICE

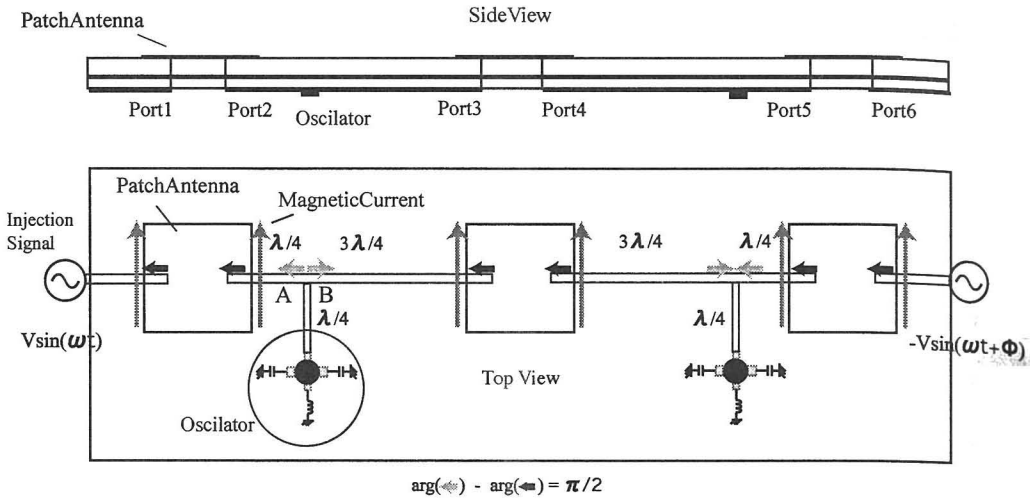
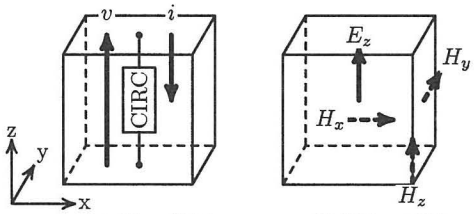


図 1　発振器集積型フェーズドアレイパッチアンテナ



(a) 回路の位置　　(b) 電磁界の配置

図 2　解析格子の構成

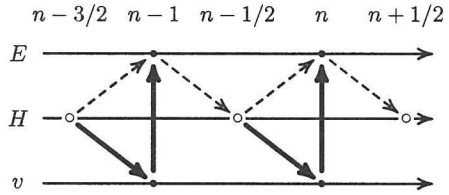


図 3　各変数の相互作用

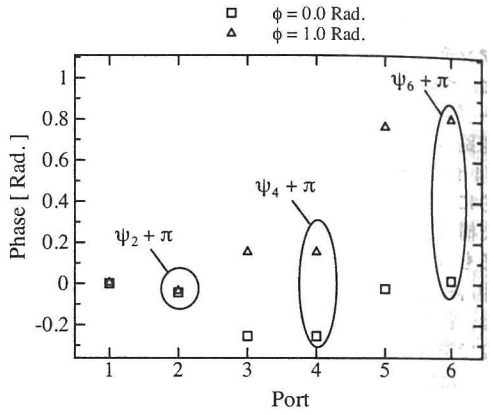


図 4　パッチアンテナの各給電点における励振位相

ンした。参照信号に位相差をつけることで主放射方向が変化することを確認した。

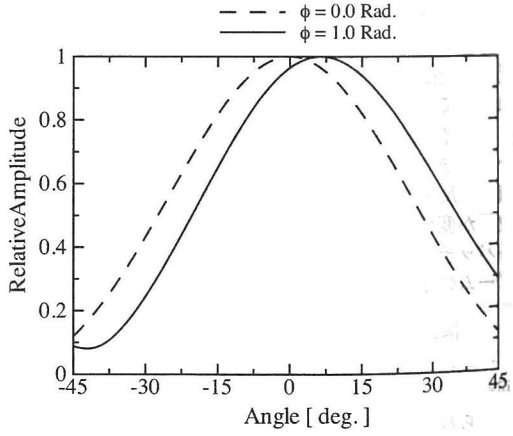


図 5　放射指向性のシミュレーション結果

参考文献

[1] 宇野亨，"FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析"，コロナ社，1998.

[2] 羽石操　他，"小型・平面アンテナ"，電子情報通信学会，1996.

[3] R.A.York,R.C.Compton,"Measurement and Modeling of Radiative Coupling in Oscillator", IEEE Trans. Microwave Theory Tech.,Vol.41, No.3, pp.438–444, March 1993.

Copyright © 2008 IEICE