

基地局アンテナにおける干渉抑圧のためのビームチルトと素子指向性

木村 仁 堀 俊和 藤元 美俊

福井大学工学部

〒910-8507 福井市文京 3-9-1

E-mail: kimura@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp

あらまし セルラシステムでは、同一チャネルを用いるセル間の干渉が問題となっている。本報告では、基地局高やセルサイズを考慮し、同一チャネル干渉を改善するために基地局アンテナのビームチルト角と素子指向性について検討した結果について述べる。その結果、干渉セル方向にヌルを向けるようにビームチルト角と素子指向性を選べば、同一チャネル干渉抑圧に効果的であることが明らかになった。また、最大で 22dB 程度同一チャネル干渉を改善することができた。

キーワード 基地局アンテナ, 同一チャネル干渉, ビームチルト, 素子指向性

Beam-tilt and Element Pattern for Suppressing Interference on Base Station Antenna

Jin KIMURA Toshikazu HORI Mitoshi FUJIMOTO

Faculty of Engineering, University of Fukui,
3-9-1, Bunkyo, Fukui, 910-8507 Japan

E-mail: kimura@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp

Abstract In cellular system, interference between cells that utilize the same frequency becomes a problem. In this report, the base station heights and cell sizes were considered in order to improve co-channel interference. The beam-tilt angle of base station and element pattern is studied and the analysis result is discussed. It is clarified that the co-channel interference is effectively suppressed if the direction of the null is formed toward the interference cell. Consequently, co-channel interference can be suppressed by maximum 22dB.

Keyword Base Station Antenna, Co-channel Interference, Beam-tilt, Element Pattern

1. まえがき

同一周波数を繰り返し使用するセルラシステムでは、同一チャネル干渉を抑圧するために、基地局アンテナの主ビームを俯角方向にビームチルトさせている。このビームチルトにより、基地局からの放射電力を自局セル内に集中させ、干渉セルへの放射を抑圧することができる [1] ~ [4]。しかし、都市の形状やサービス形態により、基地局の高さやセルサイズは各々異なっており、同一チャネル干渉抑圧のためにビームチルト角を各基地局に応じて現地で調整す

る必要があった。

本報告では、基地局高やセルサイズを考慮したときのビームチルト角と同一チャネル干渉との関係を明らかにするとともに、同一チャネル干渉を改善するためにビームチルト角と素子指向性について検討した結果を述べる。

以下、2 章では解析のための基地局とセルモデル、アンテナモデル、伝搬モデル、そして本報告での評価指標について述べる。3 章では基地局アンテナからの放射指向性と干渉セル方向の関係について検討し、4 章ではビームチル

ト角と素子指向性が同一チャネル干渉に及ぼす抑圧効果について検討する．5章では同一チャネル干渉を最大限に抑圧するために，ビームチルト角と素子指向性の最適化を図った結果を示す．

熱雑音および同一チャネル干渉であるが，ここでは，簡単のために熱雑音は考慮しない．

2. 解析モデル

2.1 基地局とセルモデル

図1(a)に隣接するセルの構成を示す．図1(a)に示すように，周波数利用効率を考慮し，同一の周波数を用いるセル間に周波数の異なる1セルを挟むようなセル構成を考える．

また，図1(a)に示すように，基地局アンテナは高さ h_b (m) に設置されており，このときのセル半径を r (m) とする．

図1(b)に本報告でのビームチルト角の定義を示す．基地局アンテナの主ビームは，同一チャネル干渉を避けるために，俯角 θ_{TIL} (deg) の方向にビームチルトさせている．このビームチルト角 θ_{TIL} は，図1(b)に示すように，自局セルエッジを見込む方向へのチルト角 θ_0 (deg) と自局セルエッジを見込む方向からのチルト角 θ_1 (deg) との和で表すものとする．

2.2 アンテナモデル

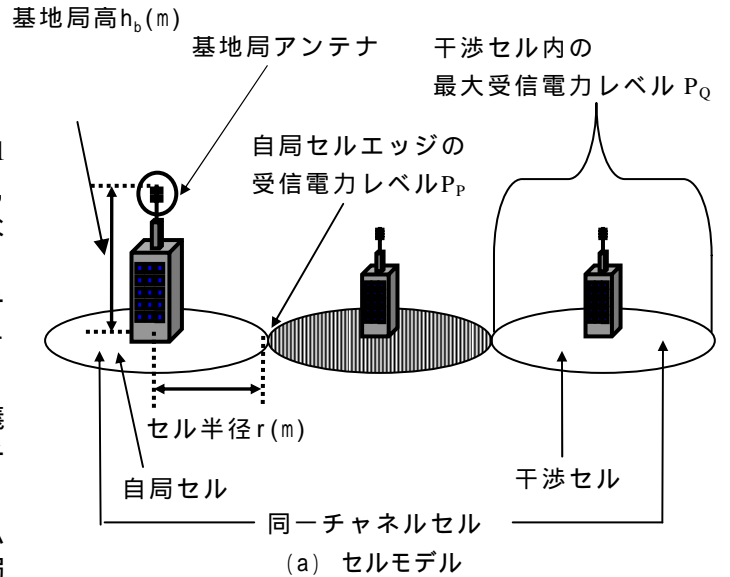
基地局アンテナとして，素子数 16 素子，素子間隔 1 波長のアレーアンテナを考える[4]．ここで，素子の電力指向性を $\cos^n \theta$ とし， $n=2$ の場合を基準アンテナの指向性とする．また，基準アンテナの主ビームは自局セルエッジを見込む方向にビームチルトされているものとする．

2.3 伝搬モデル

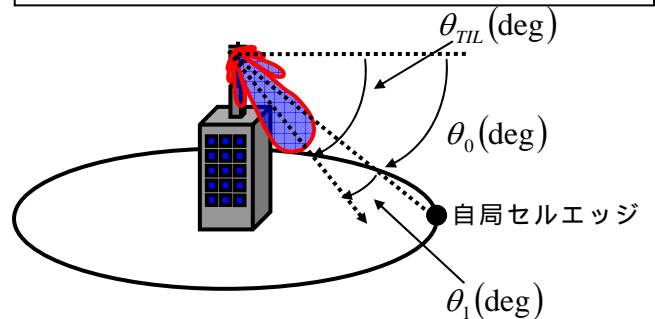
移動通信における受信電界強度は瞬時変動，短区間変動，長区間変動によって特徴付けられるが[5]，ここでは簡単のため長区間変動の伝搬距離特性のみを考慮する．伝搬距離特性としては，基地局アンテナ高が周囲の建物より十分高い場合における伝搬損失の近似式として，奥村-秦カーブがよく知られている．そこで，本報告ではこの近似式を用いることにした．

なお，この奥村-秦カーブでは伝搬環境が細かく分けられているため，本報告では伝搬環境を準平滑地の市街地とし，都市規模は中小都市とした．

なお，セルラシステムにおいて考慮すべき通信品質の劣化要因は，受信レベルの低下に伴う



ビームチルト角： $\theta_{TIL} = \theta_0 + \theta_1$
 θ_0 ：自局セルエッジを見込む方向へのチルト角
 θ_1 ：自局セルエッジを見込む方向からのチルト角



(b) ビームチルト角

図1 解析モデル

2.4 評価指標

同一チャネル干渉抑圧効果の評価指標として，図1(a)に示すように自局セルエッジの受信電力レベル P_p と干渉セル内の最大受信電力レベル P_q に着目する．そして，式(1)に示すように， P_p と P_q との比である受信電力比 P_{PQ} を同一チャネル干渉抑圧の評価指標とした．

$$P_{PQ} = P_p / P_q \quad (1)$$

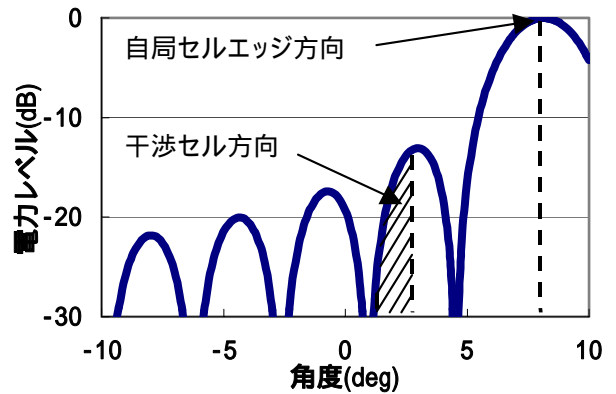
3. 基地局アンテナからの俯角と干渉セル方向の関係

3.1 放射指向性と干渉セル方向の関係

サービス形態や都市の形状によって最適な基地局高やセルサイズが異なり、自局セルエッジを見込む方向に向けられるビームチルト角は変化する。同様に基地局アンテナ位置から見た干渉セル方向への俯角も変化するのので、放射パターンと干渉セル方向との関係が異なる。そこで、放射パターンと干渉セルとの関係を以下のような条件で分類することにした。

- ：干渉セルが主ビーム方向に含まれる場合
- ：干渉セルが主ビームとサイドローブの両方向に含まれる場合
- ：干渉セルがサイドローブ方向に含まれる場合

図2に放射パターンと干渉セル方向との関係の一例を示す。図2の(a),(b)及び(c)はそれぞれ上記の～の場合に対応しており、セル半径はそれぞれ1600m, 1100m及び700mである。ここで、基地局高は100mとしている。

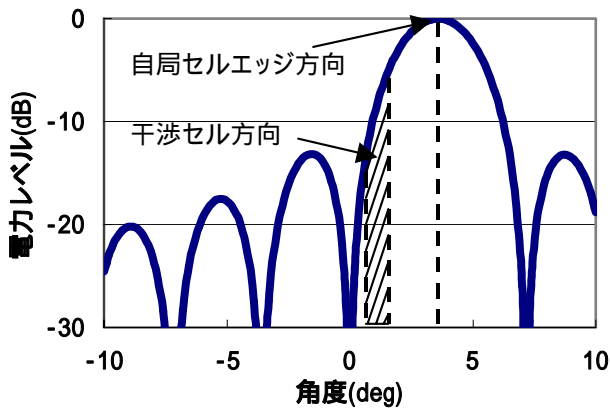


(c) 干渉セル方向がサイドローブに含まれる場合 (セル半径 700m)

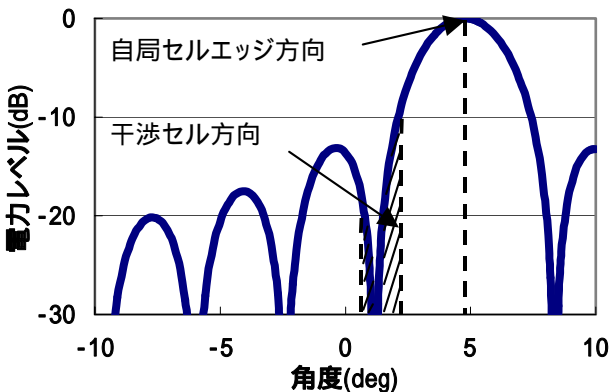
図2 放射パターンと干渉セル方向の関係

3.2 基地局高とセルサイズによる影響

図3に、3.1節で示した放射パターンと干渉セル方向との関係である条件～について、基地局高とセルサイズを変化させ領域分けをした結果を示す。



(a) 干渉セル方向が主ビームに含まれる場合 (セル半径 1600m)



(b) 干渉セル方向が主ビームとサイドローブの両方に含まれる場合 (セル半径 1100m)

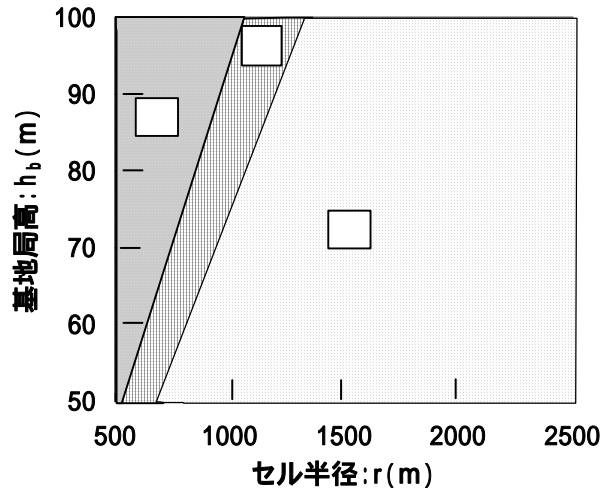


図3 基地局高とセル半径の変化による放射パターンと干渉セル方向の関係

図3より、領域の場合である、干渉セルが主ビーム方向に含まれる場合が多いことがわかる。特に基地局高が50mに近づく程その傾向が強くなり、領域の場合の干渉を抑圧させる検討が必要であることがわかる。

4. ビームチルト角と素子指向性の影響

4.1 同一チャネル干渉への影響

図4にビームチルト角と素子指向性が、自局セルエッジの受信電力レベル、受信電力比に及ぼす影響を示す。ここでは、それぞれ主ビームが自局セルエッジを見込む方向に向けられている場合からの相対値を取っている。

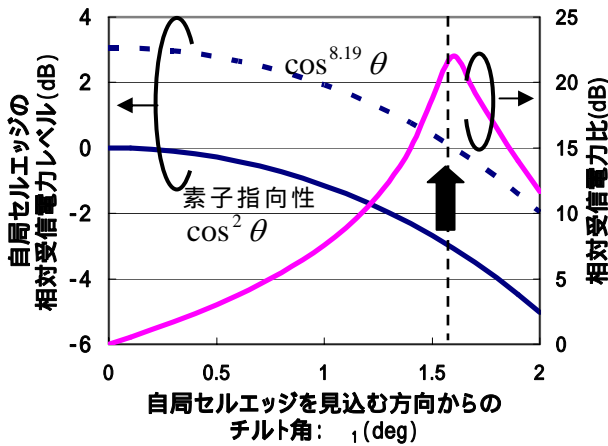


図4 ビームチルト角と素子指向性の影響

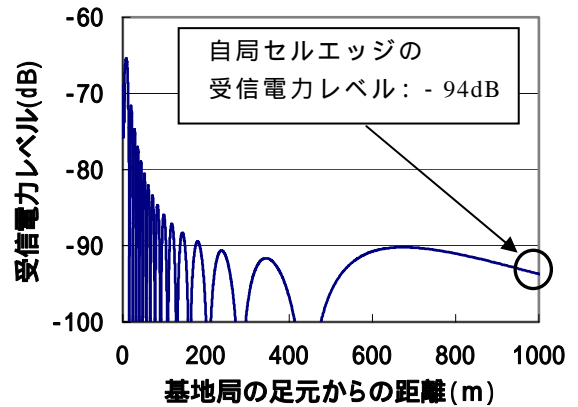
図中の実線はチルト角 θ_1 の影響を示しており、破線は更に素子指向性を考慮した場合である。

図4より、ヌルを干渉セル方向に向けるようにビームチルト($\theta_1 = 1.6\text{deg}$)すれば最も大きな受信電力比を得ることができるとわかる。しかし、同時に自局セルエッジの受信電力レベルは低下してしまうという問題が生じてしまう。

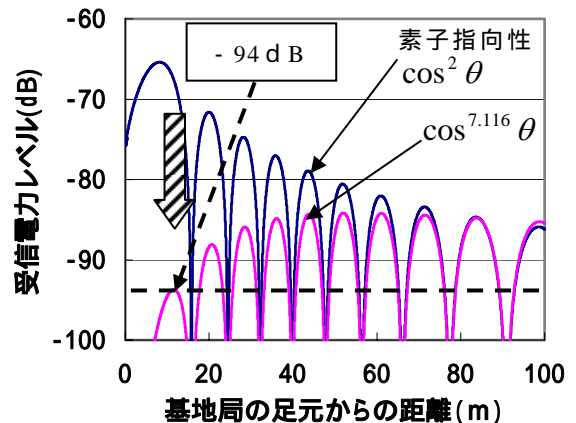
そこで、図中の破線のように素子指向性を基準アンテナよりも鋭くし放射全体のレベルを上げることで、自局セルエッジの受信電力レベルを通常レベルまで改善することができる。

4.2 自局セル内の受信電力分布への影響

図5(a)に基準アンテナを用いたときの自局セル内の受信電力レベルを示す。図5(b)には自局セル内基地局の足元近傍について、基準アンテナの自局セル内の受信電力レベルと、素子指向性を θ の基準アンテナよりも鋭くさせた場合の受信電力レベルを示す。



(a) 自局セル内の受信電力分布



(b) 基地局足元近傍の受信電力分布

図5 素子指向性が及ぼす影響

図5(a)より、基準アンテナの受信電力レベルは、基地局アンテナから離れるほど受信電力レベルは低下する傾向にある。しかし、図5(b)のように、コサイン関数の素子指向性の乗数を2乗から大きくし素子指向性を鋭くすると、基地局の足元近傍の受信電力レベルが低下してしまうという問題が生じる。よって、素子指向性が鋭くなりすぎると、基地局足元近傍の受信電力レベルが極端に低くなってしまいう可能性がある。そこで本報告では、基地局足元の最も近傍にあるサイドローブのピークの受信電力レベル低下が、図5(a)で示したように、自局

セルエッジの受信電力レベルまでとし、それ以下になることは許容しないものとした。

今回の検討では、基地局アンテナ近傍の受信電力レベルの低下が許容値以下となる場合についてはコサイン関数の素子指向性の乗数を適切に選ぶことによって、基地局アンテナ近傍の受信電力レベルの許容値以下の低下を抑えている。しかしそれにより、図4に示したような自局セルエッジの受信電力レベルの低下が改善されなくなるという問題が生じる。そこで図6に示すように、干渉セル方向に向けるようにビームチルト($\theta_1 = 1.6\text{deg}$)していたビームチルト角を少なくする($\theta_1 = 1.35\text{deg}$)ことで、干渉セル方向にヌルを向けることができなくなるが、自局セルエッジの受信電力レベルを通常のレベルまで改善することができようにした。

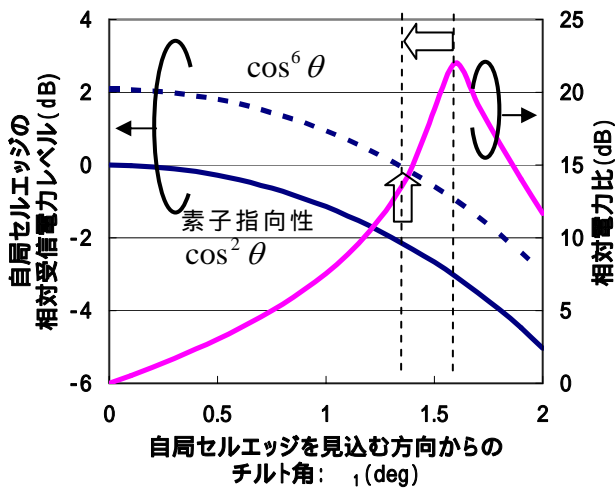
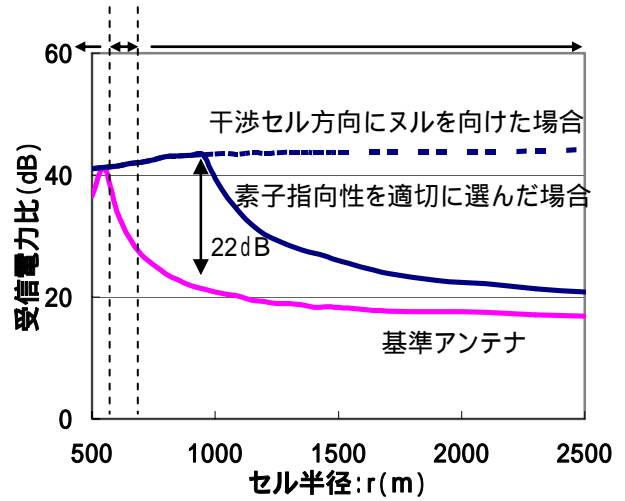


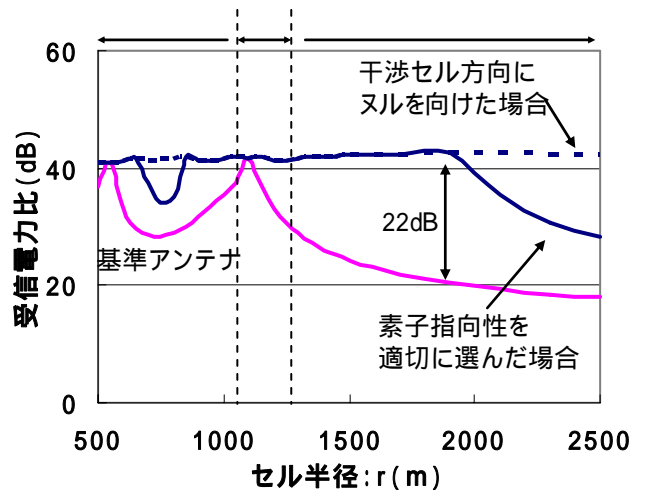
図6 ビームチルト角と素子指向性の影響

5. 同一チャネル干渉抑圧効果

ここでは、ビームチルト角と素子指向性を考慮し、同一チャネル干渉を最大限に抑圧するための検討を行なった結果を示す。基地局高を50m、100mとし、セル半径を500~2500mまで変化させた。図7に受信電力比の変化、図8にビームチルト角の変化、図9に素子指向性の変化をそれぞれ示す。



(a) 基地局高 50m の場合



(b) 基地局高 100m の場合

図7 受信電力比の変化

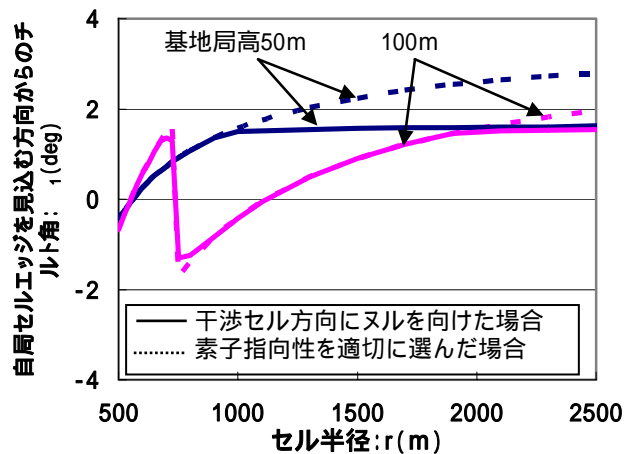


図8 ビームチルト角の変化

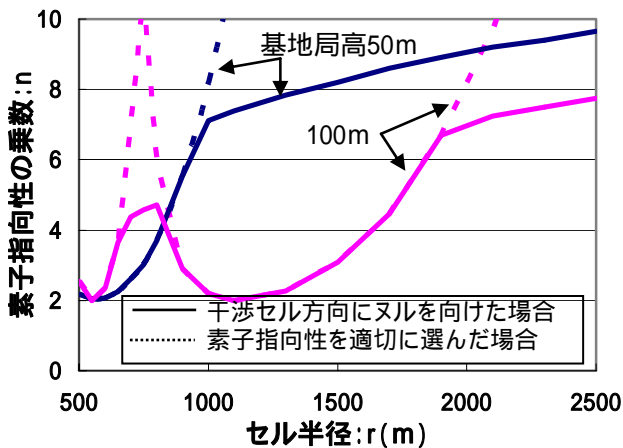


図 9 素子指向性の変化

図 7 に示す破線は干渉セルにヌルを向けた場合、実線はそれぞれ素子指向性を適切に選んだ場合、基準アンテナの受信電力比を示している。また、3.1 節で説明したように、 θ 、 ϕ 、 α で領域分けした。

図 7 より、干渉セル方向にヌルを向ければ基準アンテナよりも大きな受信電力比を得ることができることがわかる。しかし、図 9 に示すように、セルサイズによっては素子指向性の乗数が極端に大きくなってしまうため、自局セル内の基地局足元近傍の受信電力分布が低下してしまう可能性がある。そこで、素子指向性を適切に選んだ結果、セルサイズによっては干渉セルにヌルを向けることができなくなるため干渉セル方向にヌルを向けた場合よりも受信電力比が低下してしまうが、基準アンテナよりも大きな受信電力比を得ることができることがわかる。

また、セルサイズが大きくなり、干渉セル方向が主ビームに含まれる場合である領域 $\theta < \theta_c$ になるほど基準アンテナよりも大きな受信電力比を得ることができ、最大で 22dB 程度干渉を改善することができた。

ビームチルト角については図 8 より、自局セルエッジを見込む方向を前後し、素子指向性を適切に選ぶと基地局高に依存せず、自局セルエッジを見込む方向からほぼ 1.5° 程度基地局足元方向にチルトすることが最適であるということがわかる。

素子指向性については図 9 より、素子指向性を適切に選ぶことにより、セルサイズが大きくなっても素子指向性の乗数の極端な上昇がおさまっていることがわが、セルサイズが大き

なるほど鋭い素子指向性が必要であることがわかる。

6. むすび

基地局高やセルサイズを考慮したときの基地局アンテナのビームチルト角と同一チャネル干渉との関係を明らかにするとともに、同一チャネル干渉を改善するためにビームチルト角と素子指向性について検討を行なった。

ビームチルト角と同一チャネル干渉との関係については、干渉セル方向が基地局アンテナから放射される主ビームに含まれる場合が多く、基地局高が低くなるほど、干渉セル主ビーム方向内に含まれるということが明らかになった。

同一チャネル干渉抑圧の検討については、干渉セル方向にヌルを向けることで、基準アンテナよりも大きな受信電力比を得ることができ、干渉抑圧に効果的であるということがわかった。しかし、セルサイズによっては、干渉セル方向にヌルを向けるためには鋭い素子指向性が必要であり、その結果自局セル内に受信電力分布に好ましくない影響を及ぼすことがわかった。そのため、自局セル内の受信電力分布を考慮し、素子指向性を適切に選んだ結果、セルサイズによっては干渉セル方向にヌルを向けることができないものの、基準アンテナの受信電力比よりも大きな受信電力比を得ることができ、基準アンテナよりも最大で 22dB 程度干渉を抑圧することができた。

文献

- [1] 奈良武治, 恵比根佳雄, 中嶋信生: “基地局アンテナの市街地におけるビームチルト効果”, 昭 60 信学総全大, S5-16, 1985.
- [2] 木島誠, 山田吉英: “2 周波共用低サイドローブアレーアンテナの設計法”, 信学技報, AP 91-56, 1991.8.
- [3] 木村仁, 堀俊和, 藤元美俊: “基地局アンテナのビームチルトと同一チャネル干渉に関する一考察”, 信学技報, AP 05-74, 2005.9.
- [4] 藤井輝也, “移動通信におけるアンテナビームチルトの最適化”, 信学論 B- , vol.J77-B- , vo.3, pp.166-170, 1994.3.
- [5] 細矢良雄(監修), 電波伝搬ハンドブック, 15 章, リアライズ社, 1999.