

# 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

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](mailto:kimura@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp)

あらまし 本報告では、基地局高やセル半径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、同一チャネル干渉抑圧効果の改善方法について述べる。特に、基地局アンテナの放射指向性の主ビーム内に干渉セルの方向が含まれる場合について検討した結果、自局エッジの見込み角よりも更にチルトする、あるいは素子間隔を広げてビームをシャープにすることが、同一チャネル干渉抑圧に効果的であることがわかった。

キーワード 基地局アンテナ，セルラー方式，ビームチルト，同一チャネル干渉

## Study on Beam-tilt of Base Station Antenna and Co-channel Interference

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](mailto:kimura@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp)

**Abstract** The relationship between beam-tilt angle and co-channel interference is considered and a measure for interference suppression is described. Especially, the case that the interference cell exists in the direction of main beam is investigated. As the results of analysis, it is clarified that the tilting more than the direction of edge of the own cell is effective to suppress the co-channel interference.

**Keyword** Base Station Antenna, Cellular Systems, Beam-tilt, Co-channel Interference

### 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においては、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電氣的または機械的に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]～[3]。しかし、実際の基地局の高さやセル半径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、基地局高やセル半径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

にするるとともに、同一チャネル干渉抑圧効果の改善方法について述べる。特にここでは、基地局アンテナの放射指向性の主ビーム内に干渉セルの方向が含まれる場合について検討する。

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、および伝搬モデルについて述べる。3章では干渉セルと観測点との関係を明らかにする。4章ではビームチルト角、素子間隔による同一チャネル干渉への抑圧効果について検討する。5章ではビームチルト角や素子間隔の最適化による同一チャネル干渉抑圧低減の可能性について述べる。

## 2. 解析モデル

### 2.1 基地局とセルモデル

図1に隣接するセルの構成を示す。図1に示すように、周波数利用効率を考慮し、同一チャネルセル間にチャネルの異なる1セルを挟むようなセル構成を考える。ここでは、同一チャネル干渉の改善効果を検討するために、観測点P, Q, R, Sの4点の放射電力レベルに着目する。

P: 自局セルのエッジ

Q: 同一チャネル干渉セルのエッジ

R: 干渉基地局の足元

S: 干渉基地局のアンテナ位置

ここで、図1に示すように、基地局アンテナは高さH(m)に設置されており、このときのセル半径をL(m)とする。また、同一チャネル干渉を避けるために、俯角(deg)の方向にビームチルトさせている。

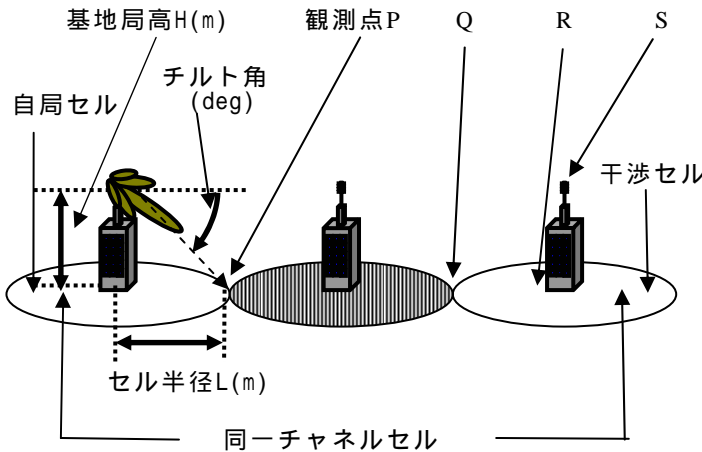


図1 セルモデル

### 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。ここで、素子の電力指向性を $\cos^2 \theta$ 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[4]、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。

この長区間変動 $m(d)$ [dB]は次式で近似できる。

$$m(d) = 10 \log \left( \frac{d^{-\alpha}}{d_0^{-\alpha}} \right) \quad (1)$$

ここで、 $d$ は基地局と移動局の距離、 $d_0$ は基準距離(500m)を示している。また、 $\alpha$ は伝搬定数で標準的な市街地では3~4であり、ここでは $\alpha = 3.5$ とした。

なお、無線回線設計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。

## 3. 干渉セルと観測点方向の関係

### 3.1 放射パターンと観測点方向の関係

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半径が異なり、エッジに向けられるビームチルト角は変化する。同様に観測点Q, R, Sについても、放射パターンとの関係が異なる。そこで、干渉セル内の観測点Q, R, Sと放射パターンとの関係を以下のように分類する。

①: 主ビームに含まれる場合

②: 主ビームとサイドローブの両方に含まれる場合

③: サイドローブに含まれる場合

干渉セル内の観測点Q, R, Sと放射パターンとの関係の例を図3に示す。図3の(a), (b), (c)は各々の場合に対応しており、セル半径は各々1600m, 1100m, 700mである。ここで、基地局高は100mとしている。

### 3.2 セル半径と観測点方向の関係

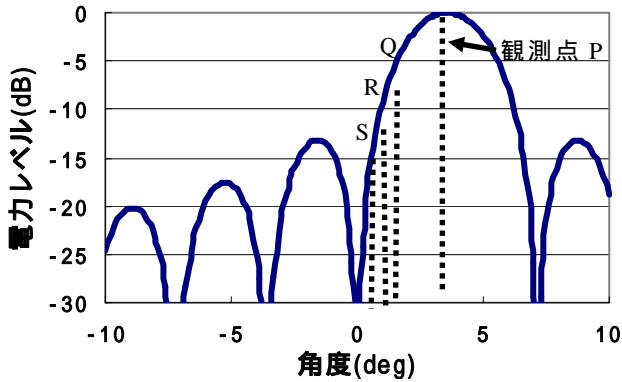
図4に基地局から観測点方向の俯角とセル半径の関係を示す。図4(a)および図4(b)は各々基地局高が50m, 100mの場合である。また、図中には、3.1節で示した①~③の領域を示した。また、この領域を分割する基準となるFN(ファーストヌル)も同時に図示した。

図4から、基地局高が50mの場合、100mの場合よりも①の領域が多く、干渉セル内の観測点Q, R, Sが主ビームに含まれる場合が多いことが明らかである。

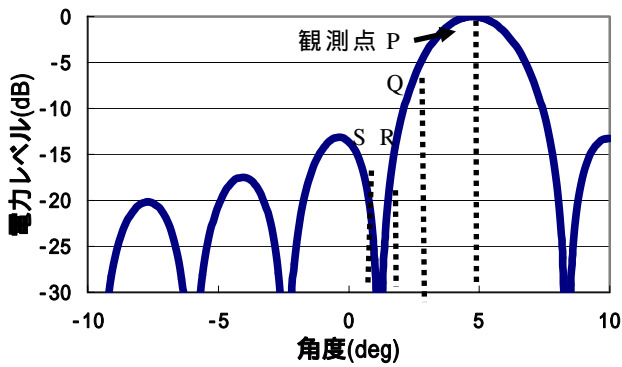
### 3.3 観測点の受信電力の差

図5に観測点PとQ, R, Sの受信電力の差を示す。図5(a)および図5(b)は各々基地局高50mおよび100mである。

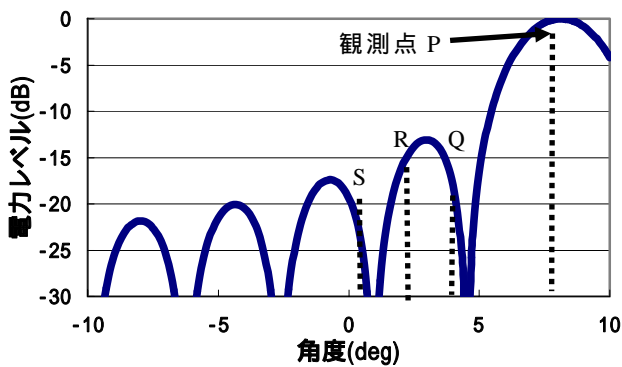
図5から、セル半径の変化に対して観測点PとQにおける受信電力差がもっとも小さい領域が大半を占めていることがわかる。



(a) 干渉セル方向が主ビームに含まれる場合  
(セル半径 1600m)

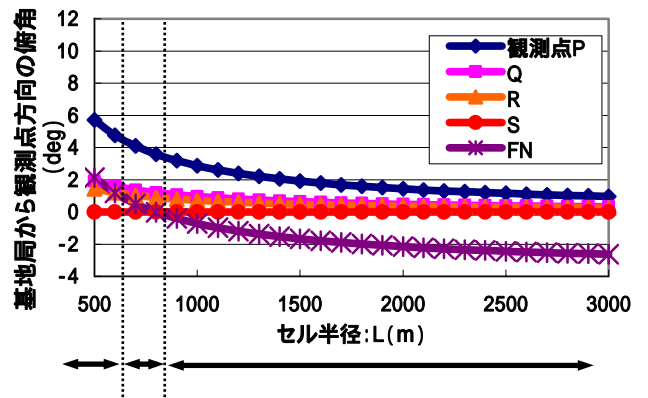


(b) 干渉セル方向が主ビームと  
サイドローブの両方に含まれる場合  
(セル半径 1100m)

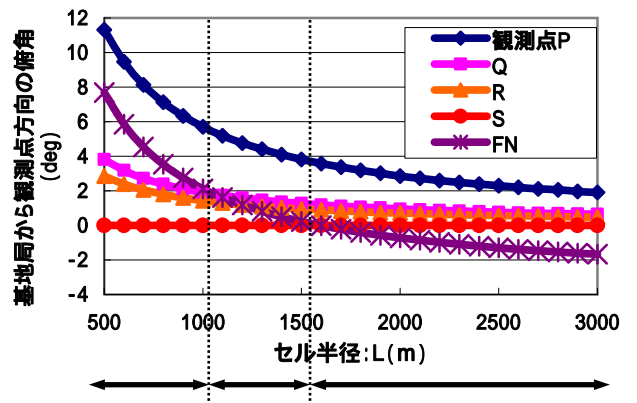


(c) 干渉セル方向がサイドローブに含まれる場合  
(セル半径 700m)

図 3 観測点と放射パターンとの関係

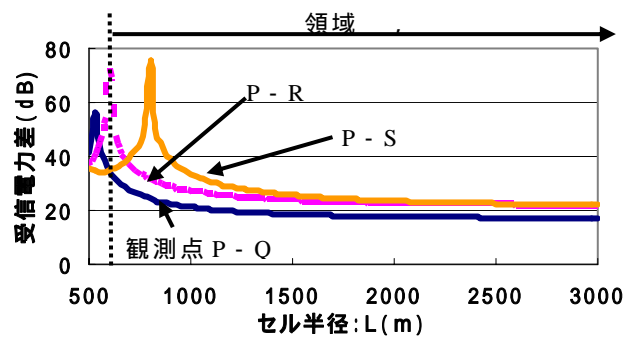


(a) 基地局高 50m の場合

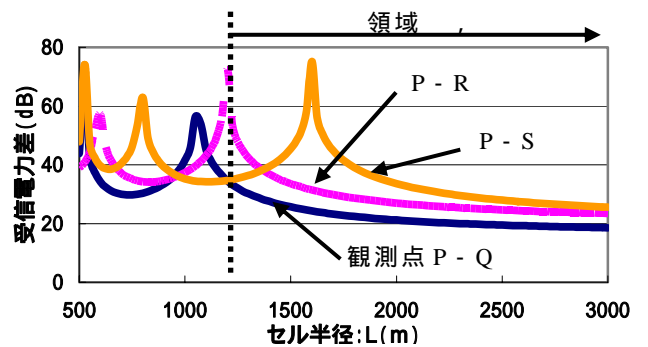


(b) 基地局高 100m の場合

図 4 観測点方向の俯角とセル半径の関係



(a) 基地局高 50m の場合



(b) 基地局高 100m の場合

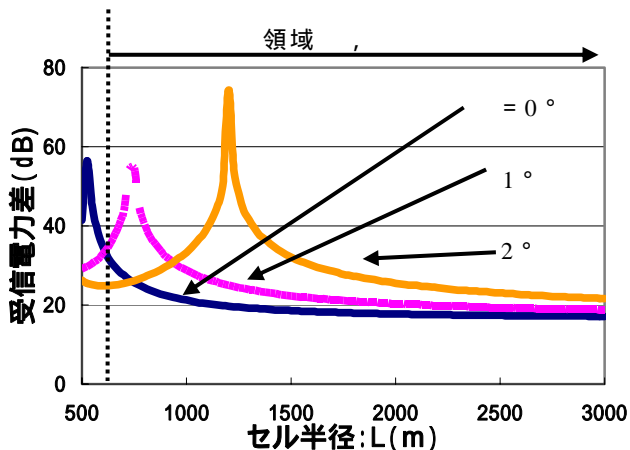
図 5 観測点 P と Q, R, S における受信電力差

#### 4. 同一チャネル干渉への抑圧効果

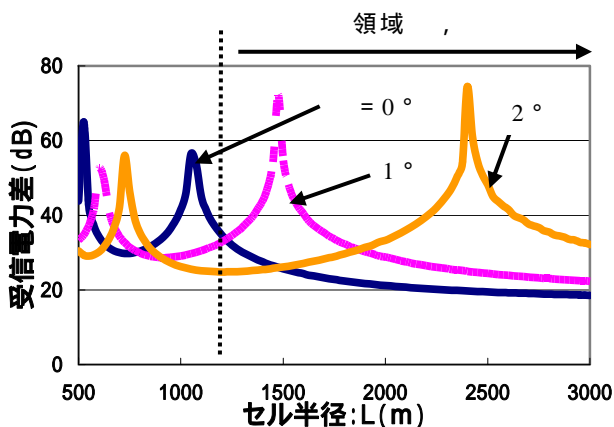
##### 4.1 ビームチルト角の影響

本節では、自局セルエッジへの見込み角から、更にチルトさせて干渉セル内にヌルを向けることで干渉抑圧効果を検討する。図6に自局セルエッジから  $\theta = 0 \sim 2^\circ$  チルトさせたときの観測点PとQの受信電力差を示す。図6(a)および図6(b)は各々基地局高50mおよび100mである。

図6(a),(b)より、自局セルエッジを見込む角から更にビームチルトさせることにより、受信電力差が大きくなっていることがわかる。特に干渉セルにヌルが向けられることにより受信電力差が大きくなる領域があることがわかる。また、基地局高が高くなると、エッジを見込む角からのチルト角  $\theta$  が同じでもセル半径が大きい領域で受信電力差が大きくなる。よって、基地局高が高いほど小さなチルト角でも干渉抑圧効果があることがわかる。



(a) 基地局高 50mの場合



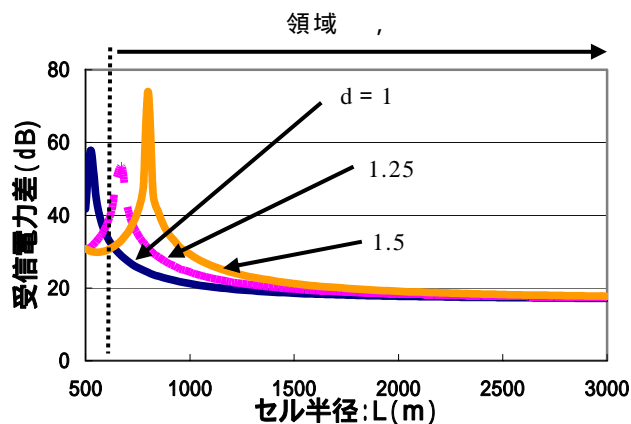
(b) 基地局高 100mの場合

図6 ビームチルト角が受信電力差に及ぼす影響

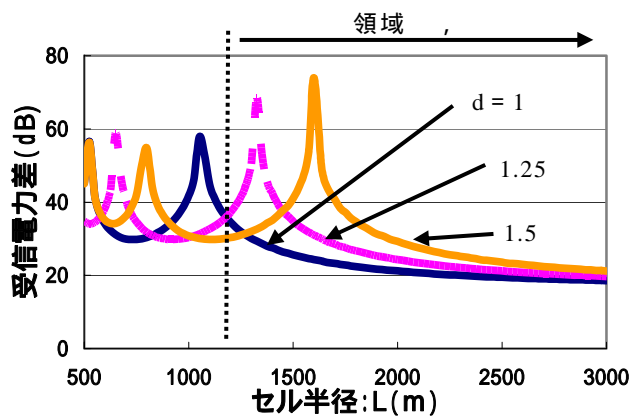
また、 $2^\circ$ チルトさせることにより、基地局高が50mの場合にはセル半径が1200m程度、基地局高が100mの場合にはセル半径が2400m付近にヌルが向けられ、エッジに主ビームが向けられている場合よりも受信電力差が大きいことがわかる。

##### 4.2 素子間隔の影響

本節では、素子間隔を1波長から広げビームを細くすることで干渉領域にヌルを向け、干渉抑圧効果を検討する。図7に素子間隔を1~1.5波長変化させた場合の観測点PとQにおける受信電力差の変化を示す。図7(a)および図7(b)は各々基地局高50mおよび100mの場合である。



(a) 基地局高 50mの場合



(b) 基地局高 100mの場合

図7 素子間隔が受信電力差に及ぼす

図7(a),(b)より,素子間隔を広げることによって干渉セルにヌルが向けられることにより受信電力差が大きくなっていることがわかる.また,基地局高が高くなると,素子間隔が同じでもセル半径が大きい領域で受信電力差が大きくなることわかる.よって,基地局高が高いほど僅かに素子間隔を広げることで干渉低減効果があることがわかる.また,素子間隔を1.5波長とすることにより,基地局高が50mの場合にはセル半径が800m程度,基地局高が100mの場合にはセル半径が1600m付近にヌルが向けられ,素子間隔が1波長の場合よりも受信電力差が大きいことがわかる.

### 5. 自局セルエッジレベルの改善

4章で示したように,自局セルエッジを見込む方向からのチルト角を大きくすることにより,干渉セルにヌルを向けることで干渉抑圧効果が得られることが確認された.しかし,この場合,自局セルエッジレベルも低下してしまうという問題が生じる.そこで,これを改善する方法として素子指向性を鋭くし放射全体のレベルを上げることで改善をはかることにした.そこで,素子の電力指向性を $\cos^2 \theta$ から $\cos^3 \theta$ とした.そして,観測点Pにおいてと同等の電力レベルが得られる程度に素子間隔dとエッジからのチルト角 両方を変化させた場合について検討を行った.以下の図8にエッジからのチルト角と観測点Pの電力レベルの関係,図9に素子間隔dとエッジからのチルト角を考慮した電力レベル差を示す.図9(a)および図9(b)は各々基地局高50mおよび100mである.

図8では,素子指向性を $\cos^3 \theta$ として,素子間隔d(1.2, 1.4)とエッジからのチルト角を考慮しても,素子指向性が $\cos^2 \theta$ , d=1,  $\theta = 0^\circ$ の場合と同等の電力レベルを得られるエッジからのチルト角を決定している.その結果, d=1.2 では,  $\theta = 0.55^\circ$ , d=1.4 では  $\theta = 0.3^\circ$ という結果となった.その結果を用いた電力レベル差が図9である.図9より,自局エッジを見込む方向からのチルトと素子間隔の影響によって干渉セルにヌルが向けられることにより電力レベル差が大きくなっていることがわかる.また,自局エッジを見込む方向から  $0.3^\circ$ チルトさせ,素子間隔を1.4 とすることによって,基地局高が50mの場合にはセル半径が900m程度,基地局高が100mの場合にはセル半径が1700m付近にヌルが向けられ,素子指向性が $\cos^2 \theta$ , d=1,  $\theta = 0^\circ$ の場合よりも電力レベル差が大きいことがわかる.よって,基地局構成に応じて素子指向性,ビームチルト角,素子間隔と適切に選ぶことで同一チャネル干渉を抑圧することが可能であることがわかる.

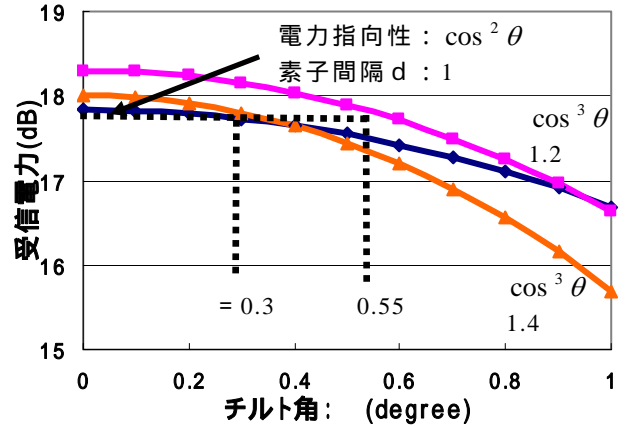
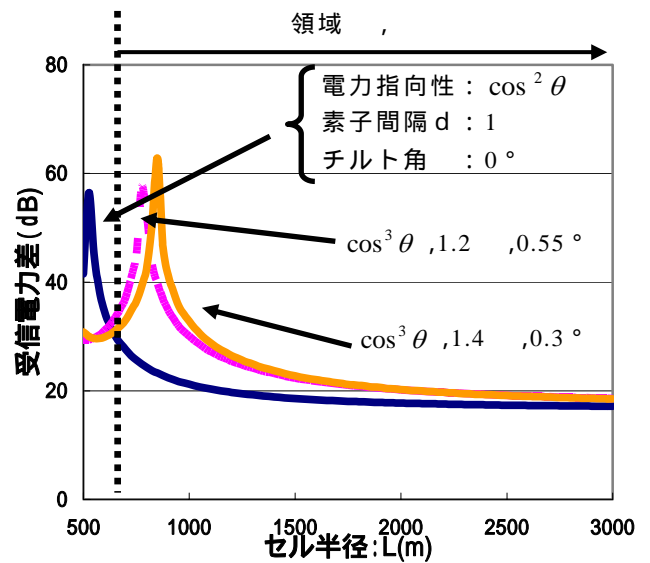
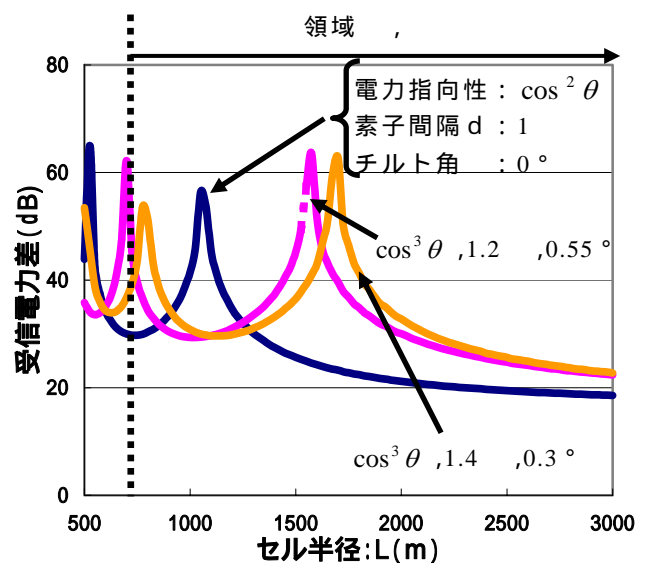


図8 ビームチルトが電力に及ぼす影響



(a) 基地局高50mの場合



(b) 基地局高100mの場合

図9 素子間隔とチルト角を考慮した電力レベル差

また、基地局高が 50m の場合はセル半径が広い場合には効果が少ないことがわかる。よって、基地局高が低いほど、同一チャネル干渉抑圧のためには電力レベルを上げ、エッジからのチルト角を大きくする必要があることがわかる。

## 6. むすび

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し、最適なビームチルト角、およびアンテナ素子配列などについて検討を行った。

基地局高が 50m、100m の場合、同一チャネル干渉セル方向がメインローブ方向内にある場合が多いことがわかった。

自局セルエッジを見込む方向からのチルト角を大きくすることにより、干渉セルにヌルを向けることで干渉抑圧効果が得られることが確認された。

素子間隔を広くすることにより、干渉セルにヌルを向けることで干渉抑圧効果が得られることが確認された。

ビームチルトや素子間隔を変えることによって生じる自局セルエッジレベル低下の改善のため素子指向性を  $\cos^3 \theta$  とし、自局のエッジレベルを下げない程度に自局エッジを見込む方向から  $0.3^\circ$  チルトさせ、素子間隔を 1.4 とすることによって、基地局高が 50m の場合にはセル半径が 900m 程度、基地局高が 100m の場合にはセル半径が 1700m 付近にヌルが向けられ、素子指向性が  $\cos^2 \theta$ 、 $d=1$ 、 $\theta=0^\circ$  の場合よりも電力レベル差を大きくすることができた。

以上より、自局エッジの見込み角よりも更にチルトする、あるいは素子間隔を広げてビームをシャープにすることは、同一チャネル干渉抑圧に効果的であることがわかった。

## 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] 藤井輝也, “移動通信におけるアンテナビームチルトイングの最適化”, 信学論 B-, vol.J77-B-, vo.3, pp.166-170, 1994.3.
- [4] 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.
- [5] 木島誠, 山田吉英, “部分的に低サイドローブ化した指向性における主ビーム幅の狭小化法”, 信学技報, AP 91-125, 1992.2.
- [6] 電子情報通信学会編, “アンテナ工学ハンドブック”, 電子情報通信学会, 1980.