

# 実験的検討による共用検討の進捗状況について

---

(株)NTTドコモ  
2013年2月28日

# はじめに

---

- 本資料では、3.4-3.6GHz帯における共用検討に関連し、実デバイス等を用いた実験的検討の進捗状況について報告する
- 報告のトピックは以下の通り
  - 第4世代携帯電話(IMT-Advanced)システムと放送業務用無線局との干渉実験結果
  - 第4世代携帯電話システムの基地局用アンプ・フィルタの実デバイス評価
  - 第4世代携帯電話システムの移動局用アンプ・フィルタの実デバイス評価
  - 第4世代携帯電話システムの移動局間干渉に関する実験的評価

# 第4世代携帯電話 (IMT-Advanced) システムと 放送業務用無線局との干渉実験結果

# 実験内容

- 3.4-3.6GHz帯におけるIMT-A携帯電話システムが、既存無線(放送事業用)システムの周波数と同一チャネル、および隣接チャネル※1に配置された場合の干渉影響を評価。
- 実験対象機器と実験組合せ

(与干渉)			IMT-A携帯電話システム			
			基地局		移動局	
			連続波	Burst波	連続波	Burst波
放送事業用無線局	音声STL (アナログ方式)	装置A※2	○(音声評価あり)	○	○	○
		装置B※2	○(音声評価あり)	○	○	○
	放送監視制御 (アナログ方式)		○	○	○	○
	音声FPU (アナログ方式)		○(音声評価あり)	○	○	○

※1 隣接チャネルについては、帯域外干渉(感度抑圧)の影響確認のため評価

※2 装置AはAM放送、装置Bおよび音声FPUはFM放送の中継に利用されている装置であり、音声帯域幅の周波数特性が異なる。

# 実験概要

- 放送業務システムの伝送品質(所要S/N、歪率等)を満たす干渉レベルの評価
- 音声評価試験
  - 原音(IMT-A干渉なし)およびD/Uの異なる3パターンの音声を比較
  - 音源にはナレーション・楽曲等計7種類
  - 評価方法はITU-R勧告BS.1116に準拠
  - 評価基準は下記の5段階

評価基準	評価点数
原音との違いが分からない	5
原音との違いが分かるが気にならない	4
原音との違いがやや気になる	3
原音との違いが気になる	2
原音との違いが非常に気になる	1

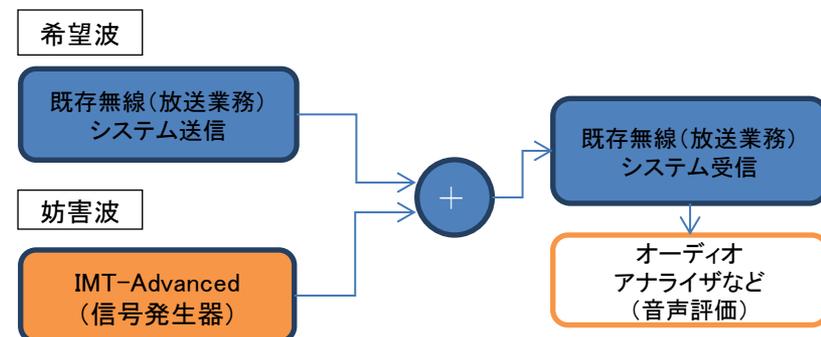


図1: 実験系構成(例)

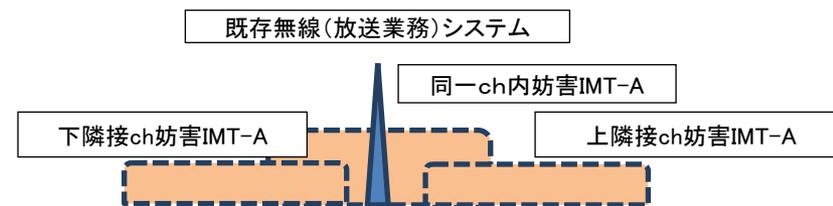
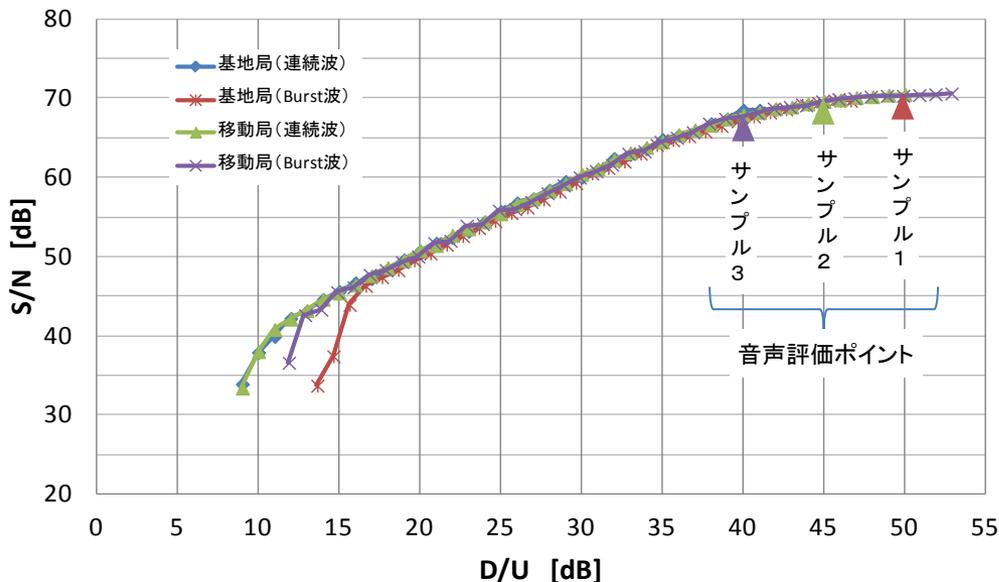


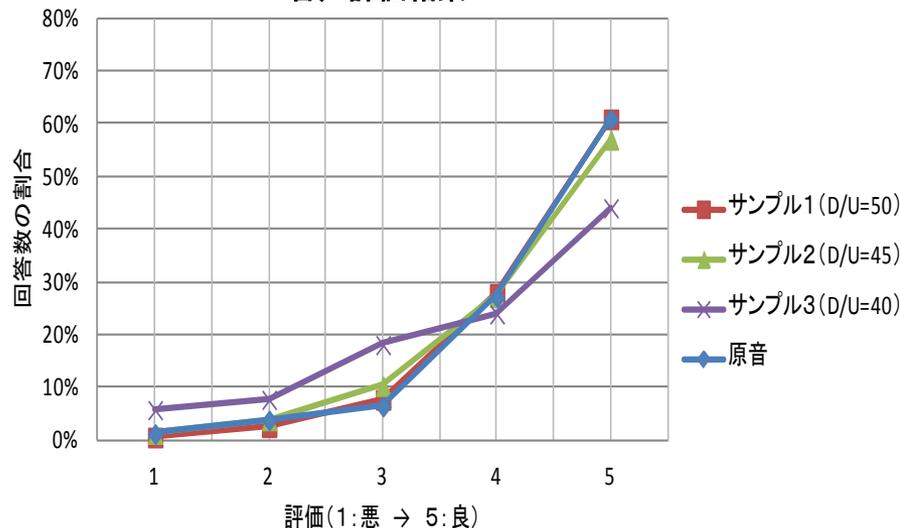
図2: 希望波と妨害波の周波数関イメージ

# 実験結果1-1 音声STL-装置A (同一チャネル干渉)

D/Uに対するS/Nの測定結果(音声STL装置A)



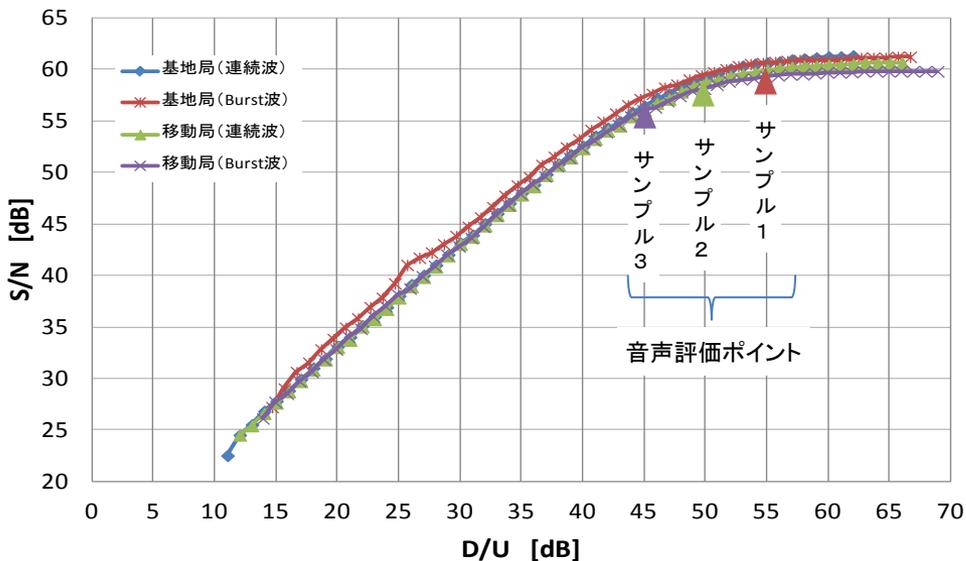
音声評価結果



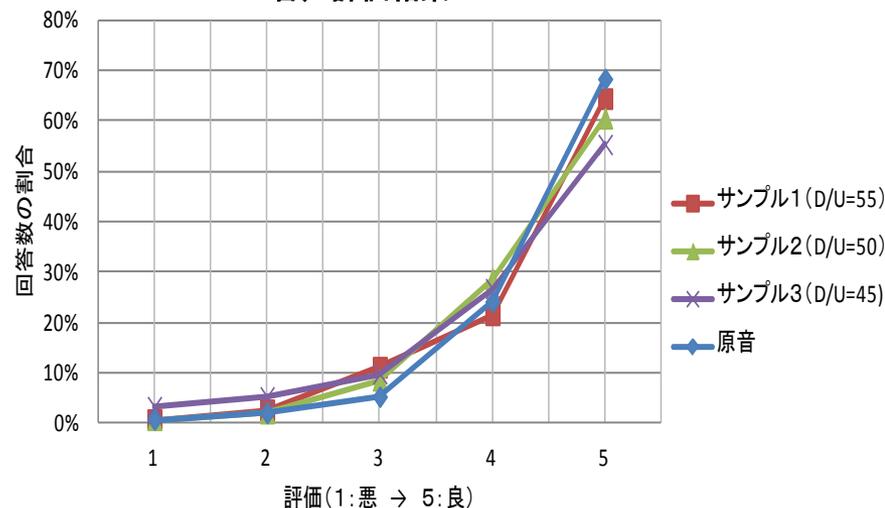
- ・ 与干渉が基地局・移動局、連続波・Burst波ともに、同様な傾向となった。
- ・ 音声評価試験の結果は、サンプル1と2において、原音と近い傾向となったが、サンプル3では、5評価率が減少し、1~3評価率が増加している。
- ・ ここで得られた所要S/Nより、帯域内干渉の実力値について計算中

# 実験結果1-2 音声STL-装置B (同一チャネル干渉)

D/Uに対するS/Nの測定結果(音声STL装置B)



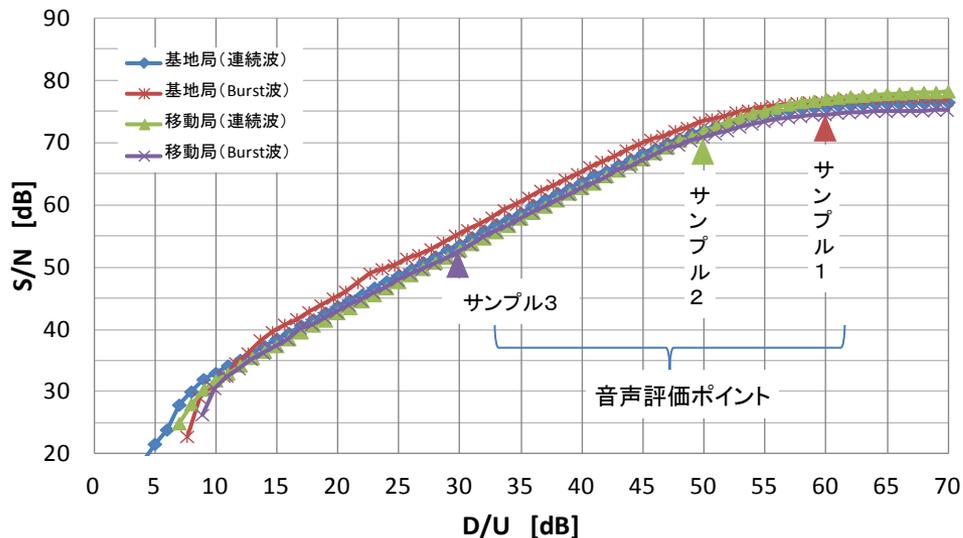
音声評価結果



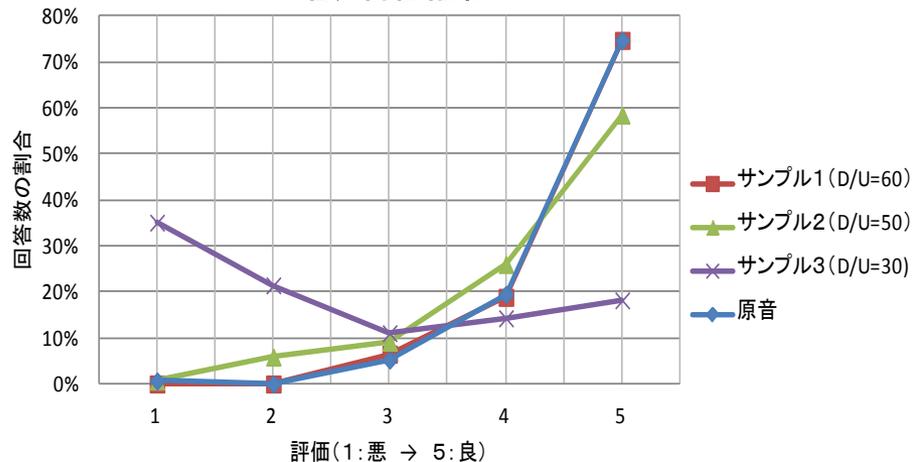
- ・ 与干渉が基地局・移動局、連続波・Burst波ともに、同様な傾向となった。
- ・ 音声評価試験の結果は、すべてのサンプルにおいて、原音と近い傾向となったが、サンプル3において、5評価率が減少し、1, 2評価率が増加している。
- ・ ここで得られた所要S/Nより、帯域内干渉の実力値について計算中

# 実験結果1-3 音声FPU (同一チャネル干渉)

D/Uに対するS/Nの測定結果(音声FPU)

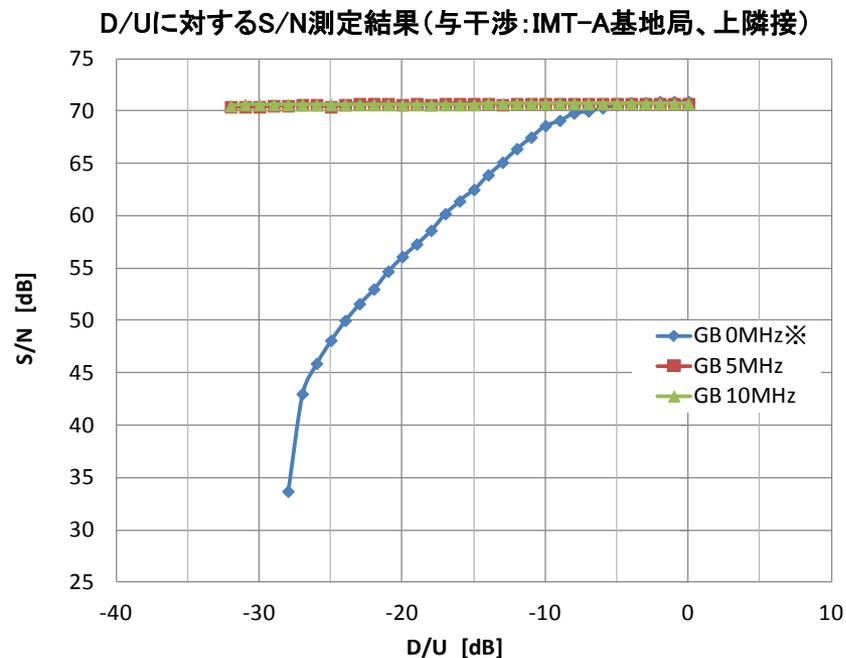
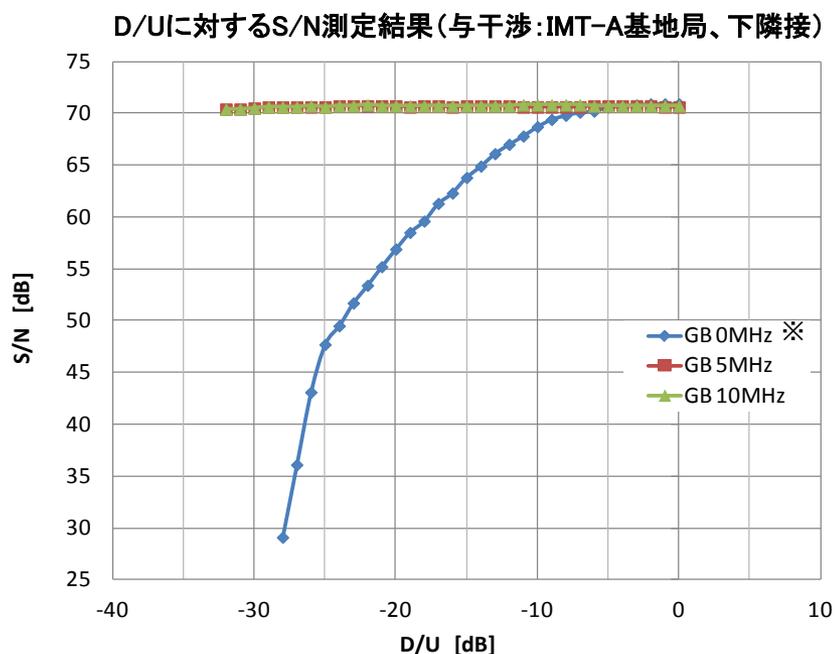


音声評価結果



- ・ 与干渉が基地局・移動局、連続波・Burst波ともに、同様な傾向となった。
- ・ 音声評価試験の結果は、サンプル1のみ原音と同等な傾向となった。サンプル3では1評価率が最大となった。
- ・ ここで得られた所要S/Nより、帯域内干渉の実力値について計算中

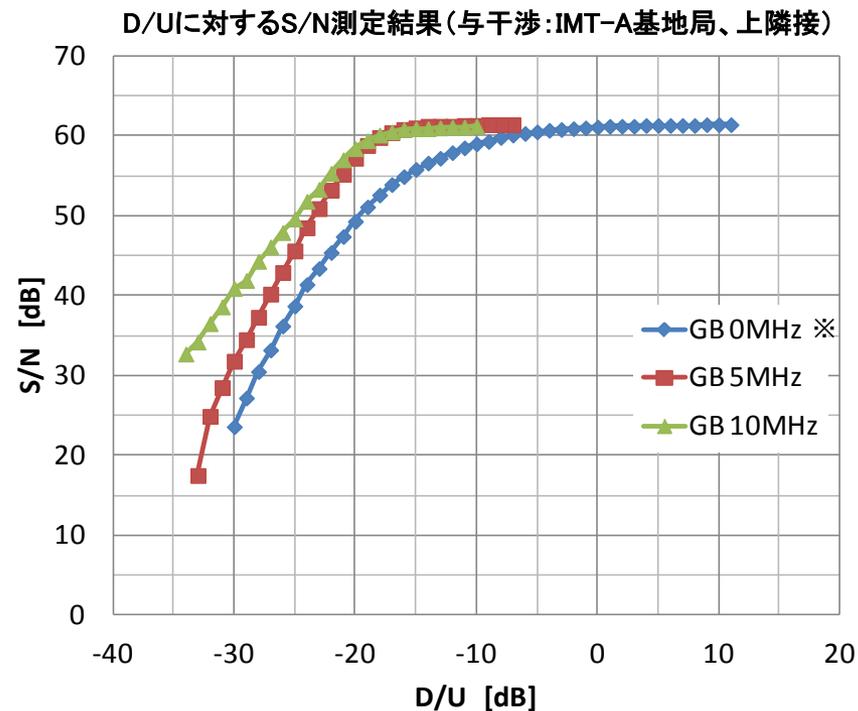
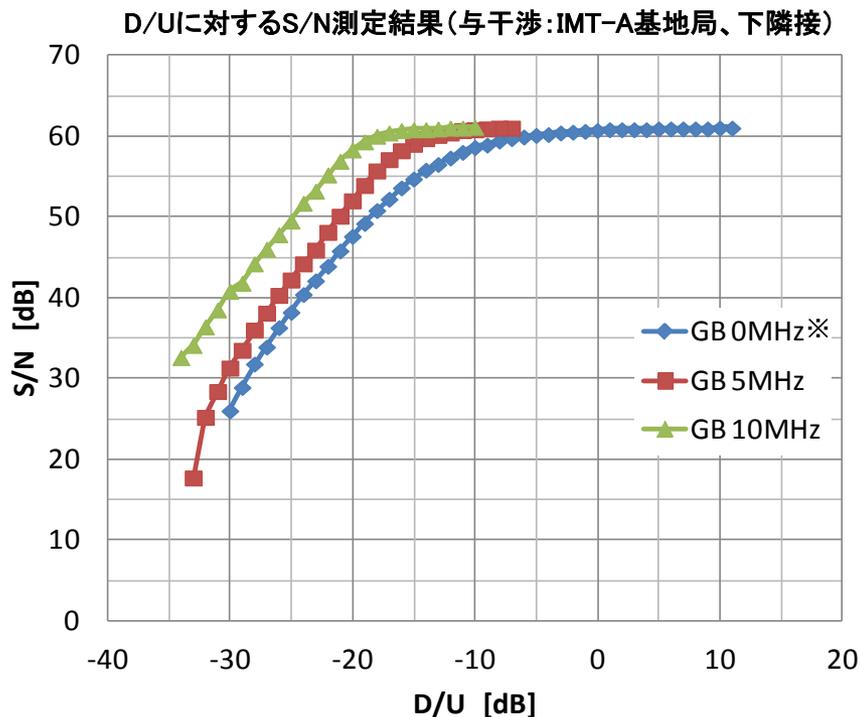
# 実験結果2-1 音声STL-装置A (帯域外干渉)



- 音声STL-装置Aの受信機には、装置構成に外部BPFが挿入されているため、今回測定範囲のGB5MHz以上においては、S/N低下は確認されなかった。
- 同一チャネル干渉の実音声評価結果で得られた所要S/N値より、帯域外干渉(感度抑圧レベル)の実力値について計算中

※ GB0MHzは、IMT-A信号発生器からの不要発射が音声STL受信機の帯域内へ漏れ込んでいるため、帯域外干渉として適切に観測できていない。ここでは参考値として示している。

# 実験結果2-2 音声STL-装置B (帯域外干渉)

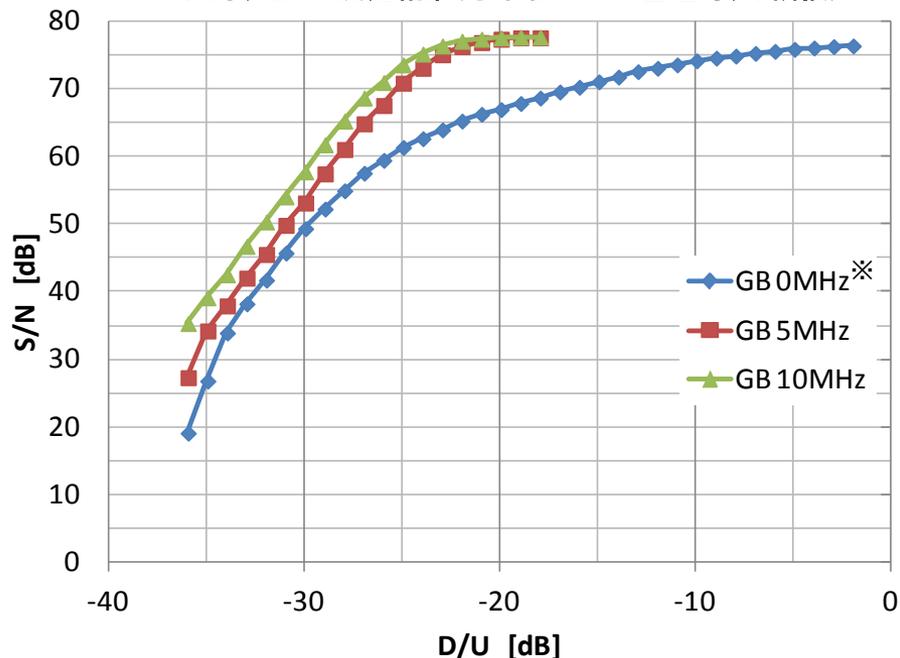


- 音声STL-装置Bの受信機にも、装置構成に外部BPFが挿入されているが、特性が緩やかなため、今回の測定範囲において、S/N低下を確認した。
- 同一チャンネル干渉の実音声評価結果で得られた所要S/N値より、帯域外干渉(感度抑圧レベル)の実力値について計算中

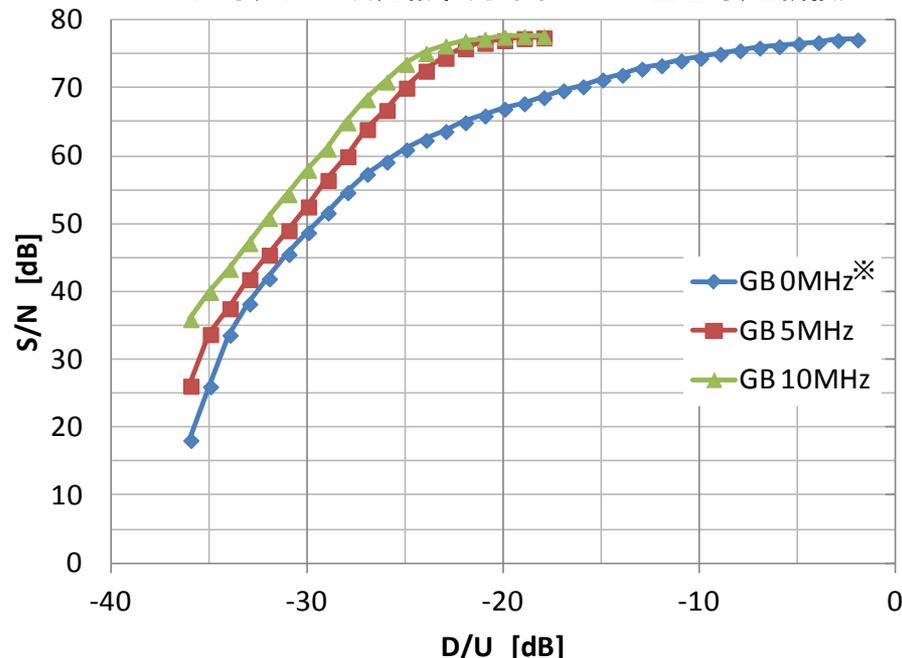
※ GB0MHzは、IMT-A信号発生器からの不要発射が音声STL受信機の帯域内へ漏れ込んでいるため、帯域外干渉として適切に観測できていない。ここでは参考値として示している。

# 実験結果2-3 音声FPU (帯域外干渉)

D/UIに対するS/N測定結果(与干渉:IMT-A基地局、下隣接)



D/UIに対するS/N測定結果(与干渉:IMT-A基地局、上隣接)



- 同一チャネル干渉の音声評価結果で得られた所要S/N値より、帯域外干渉(感度抑圧レベル)の実力値について計算中。

※ GB0MHzは、IMT-A信号発生器からの不要発射が音声FPU受信機の帯域内へ漏れ込んでいるため、帯域外干渉として適切に観測できていない。ここでは参考値として示している。

## まとめ

---

- 与干渉が基地局・移動局および連続波・Burstにおいては、D/Uに対するS/Nは、同様な傾向となった。
- 音声評価結果については、アナログ方式のため、高S/N領域においても、僅かなS/N劣化に対して音声品質の差分が観測される結果となった。
- 今回の同一チャネル干渉における音声評価結果で得られた所要S/N値より、音声STL・音声FPUの帯域内干渉および帯域外干渉(感度抑圧レベル)の実力値について検討を進めていく。

# 第4世代携帯電話 (IMT-Advanced) 基地局用 アンプ・フィルタの実デバイス評価

# 試作デバイスの概要

- 目的
  - 3.5GHz帯の実デバイスによる、基地局用アンプと送信フィルタを製作して特性評価を実施
  - アンプと送信フィルタの実現性を検証するとともに、机上検討で用いているパラメータの妥当性を確認する
- 概要

項目	実験内容*	実験状況
アンプ単体試験	隣接CH漏えい電力特性 スプリアス特性 変調精度特性 連続動作安定性	測定完了
送信フィルタ単体試験	周波数特性 連続動作安定性	周波数特性の一部と連続動作安定性が未実施
総合試験 (アンプ+送信フィルタ)	隣接CH漏えい電力特性 変調精度特性	未実施

※最大出力160Wで評価

# 試作装置の概要

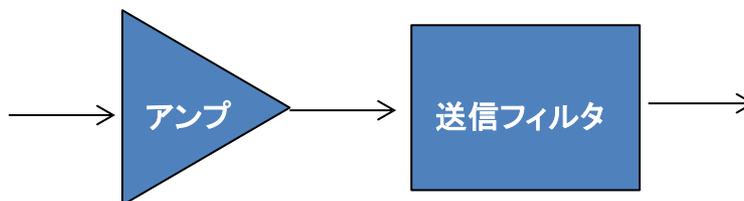


図1 試作装置の構成

表1 アンプ設計値

項目	設計値
動作周波数帯	3.510GHz—3.590GHz
最大出力電力	160W (2W/MHz x 80MHz)

表2 送信フィルタ設計値

項目	設計値
通過帯域損失	1.5dB以下
帯域外減衰特性	52 dB以上 (通過帯域端から10MHzにて)
	64dB以上 (通過帯域端から15MHzにて)
	75dB以上 (通過帯域端から20MHzにて)
	88dB以上 (通過帯域端から30MHzにて)
	107dB以上 (通過帯域端から50MHzにて)

構成技術:  
デジタルプリディストータ  
高出力ドハティ増幅器

構成技術:  
13段チェビシェフ型フィルタ  
誘電体共振器

# アンプの特性例

- LTE-Aの80MHzチャンネル帯域幅(LTE 20MHz x 4波入力)にて、最大出力160W、隣接チャンネル漏えい電力-48.8dBc以下を達成 (= 3GPPの規定値を満たすことを確認)



図2 160W出力時のスペクトラム



図3 装置概観  
(H858mm x W570mm x D550mm, 91kg)

# 送信フィルタの特性例

- 送信フィルタ製作は完了。小信号(0dBm)で周波数特性を評価し、設計値を満たすことを確認済
  - 3.5GHz帯にて急峻な周波数特性を実現できる。
- 耐電力に関して、現在 80MHz幅(LTE 20MHzx4波)、160W 入力 の条件にて、周波数特性を評価中。

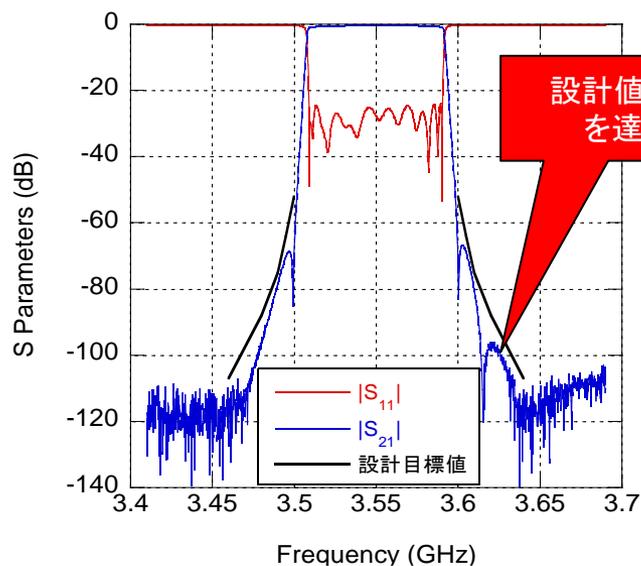


図4 周波数特性  
(小信号, CW入力時)



図5 送信フィルタの概観  
(H88.1mm x W482.6mm x D142.0mm, 3.6kg)

# 今後の予定

- 送信フィルタ: 80 MHz幅、160 W入力時の特性評価
  - 未実施項目を継続実施
- アンプと送信フィルタを結合した実験系での総合特性評価
  - 2月末に実施予定
- スケジュール

スケジュール	12月	1月	2月	3月
実施内容	送信フィルタ製作		送信フィルタ評価	
	アンプ製作		アンプ評価	
			総合特性評価	

# 第4世代携帯電話 (IMT-Advanced) 移動局用 アンプ・フィルタの実デバイス評価

# 試作デバイスの概要

- LTE-Advanced移動局の実デバイスに基づいた評価を実施するため、図1の送信機を模擬し、送信アンプ(図2)、および送信フィルタ(図3)を試作
- 現状の実現可能な技術と実験実施時期を考慮し、3GPP規定のFDD方式(※1)用のフィルタを試作
  - 80MHzの送受信帯域をカバーし、かつ20MHzのセンターギャップを1つのフィルタで実現することは困難であったため、送受信帯域を2つに分割した2種類のフィルタを試作

※1: 送信: 3410MHz-3490MHz/受信: 3510MHz-3590MHz

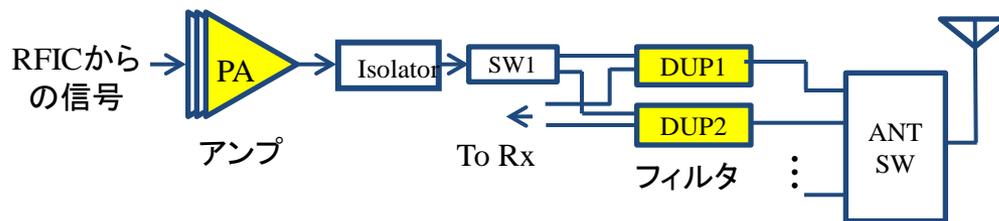


図1 3.5GHz帯移動局(送信機)の構成例

アンプ(4.0mm x 4.0mm x 1.0mm)

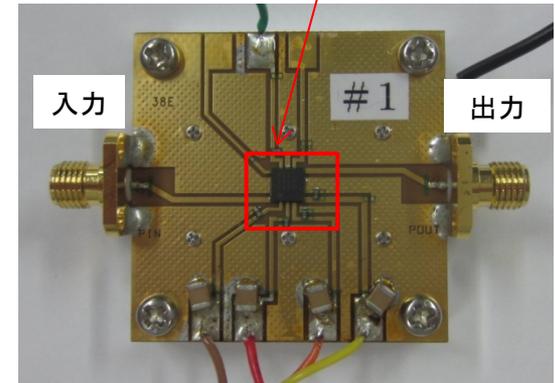


図2 アンプの外観図

フィルタ(2.0mm x 1.6mm x 0.5mm)

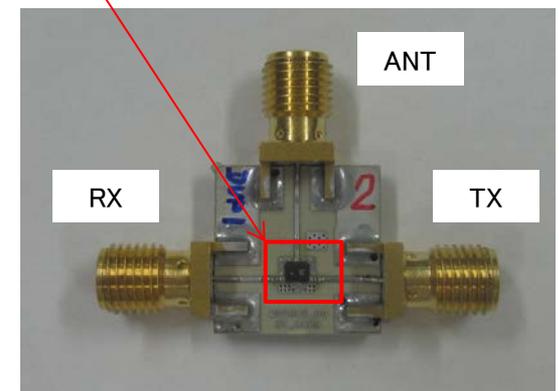


図3 フィルタ(DUP1)の外観図

# 試作デバイスの設計値

表1 アンプの設計値

項目	数値		
対応バンド	Band22 (FDD) : 送信 : 3410MHz-3490MHz/受信 : 3510MHz-3590MHz		
	Band42 (TDD) : 送信 : 3400MHz-3600MHz/受信 : 3400MHz-3600MHz		
最大送信電力/利得	28dBm以上 / 28.5dB以上		
隣接CH漏洩電力	-33dBc以下 (E-UTRA)	-36dBc以下 (ACLR1)	-39dBc以下 (ACLR2)

表2 フィルタ1(低周波側)の設計値(※)

項目		周波数(MHz)	損失/減衰量
Tx-Ant	Attenuation	3410 - 3470	3.2 dB以下
		3510 - 3570	40 dB以上
	VSWR Ant	3410 - 3470	2.0 以下
	VSWR Tx	3410 - 3470	2.0 以下

表3 フィルタ2(高周波側)の設計値(※)

項目		周波数(MHz)	損失/減衰量
Tx-Ant	Attenuation	3430 - 3486	3.1 dB以下
		3486 - 3490	4.1 dB以下
		3510 - 3525	23 dB以上
		3525 - 3590	42 dB以上
	VSWR Ant	3430 - 3490	2.0 以下
	VSWR Tx	3430 - 3490	2.0 以下

※: Ant – Rx、Tx-Rx Isolation設計値の記載は本資料上省略

# 取得予定データについて

- 試作デバイスの取得予定データ項目を下記に示す。

- アンプ単体

- 入出力特性
- 利得
- 効率
- 隣接CH漏洩電力
- 変調精度
- スプリアス

- フィルタ単体

- 通過特性
- VSWR特性

- 送信機(アンプ+フィルタ)

- 入出力特性
- 隣接CH漏洩電力
- スペクトラムエミッションマスク
- スプリアス
- 変調精度

表4 出力信号の諸元

項目	LTE	LTE-Advanced
占有帯域幅	20MHz	39.8MHz
RB(resource blocks)	Full(100)	Full(100+100)
変調方式	QPSK	QPSK

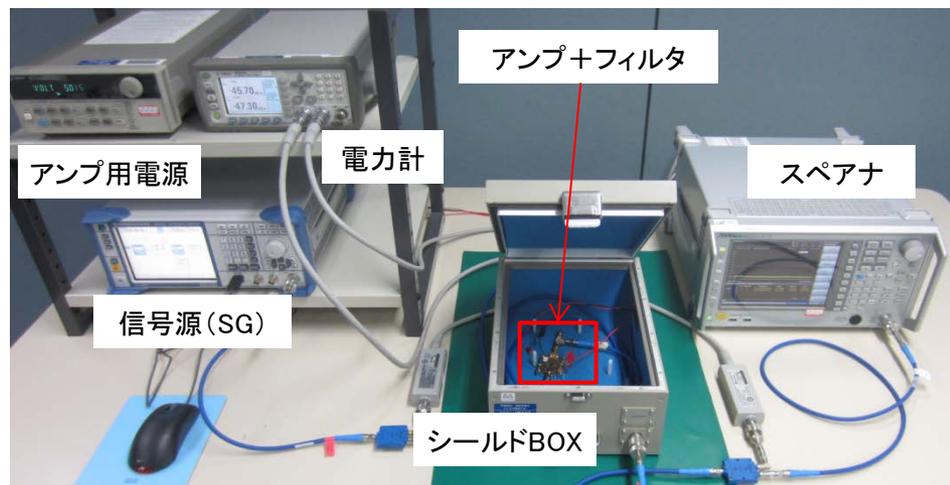


図4 実験系

# 取得した特性の一例(アンプ、フィルタ単体)

- アンプ単体評価例

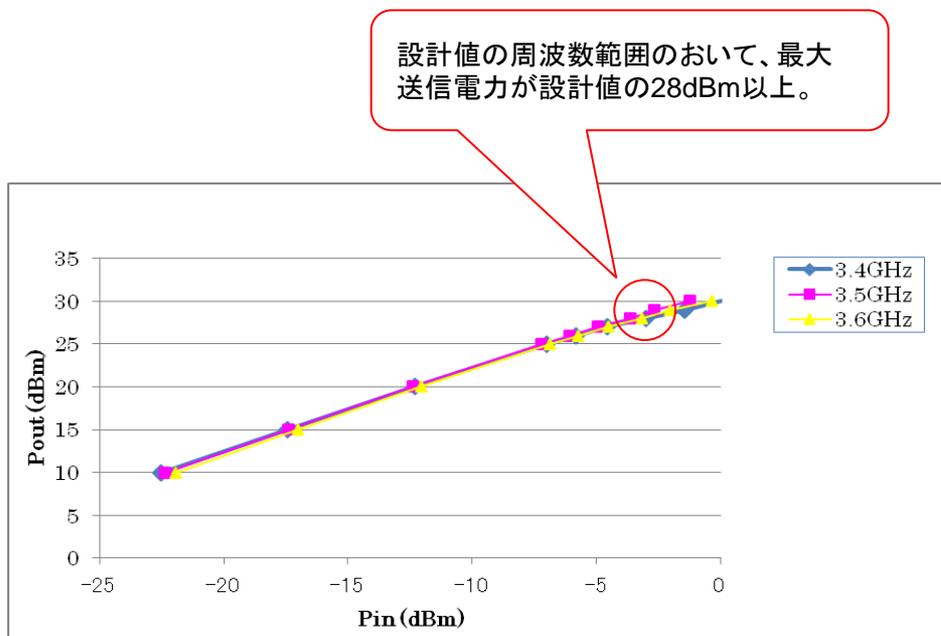


図5 アンプ単体の入出力特性(LTE送信時)

- フィルタ単体評価例

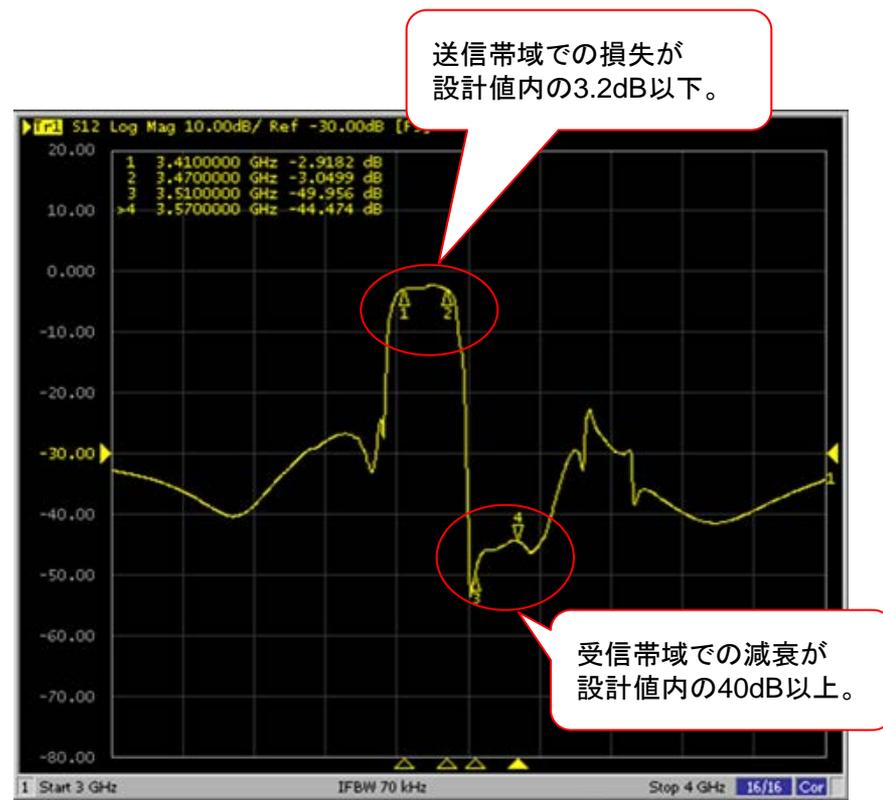


図6 フィルタ単体の通過特性(フィルタ1)

# 取得した特性の一例(アンプ+フィルタ)

## 送信機(アンプ+フィルタ)評価例

送信周波数範囲において、最大送信電力を3GPP規定の23dBm(+2dB/-3.5dB)にすることが可能。

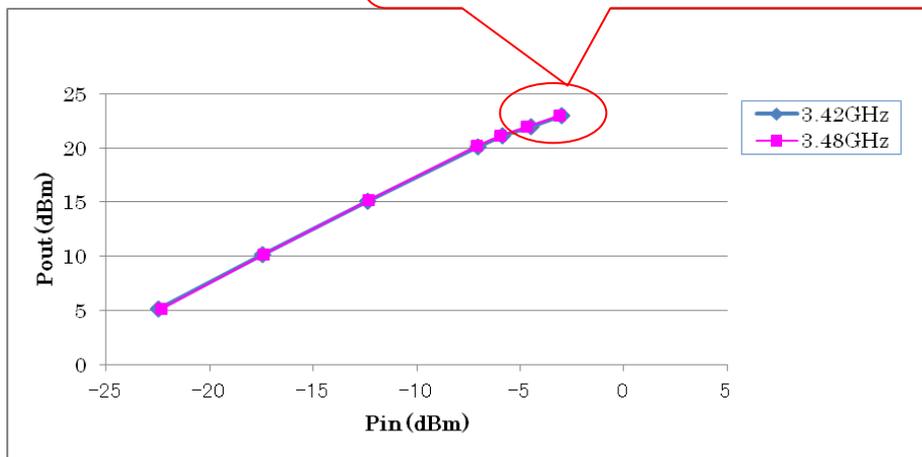
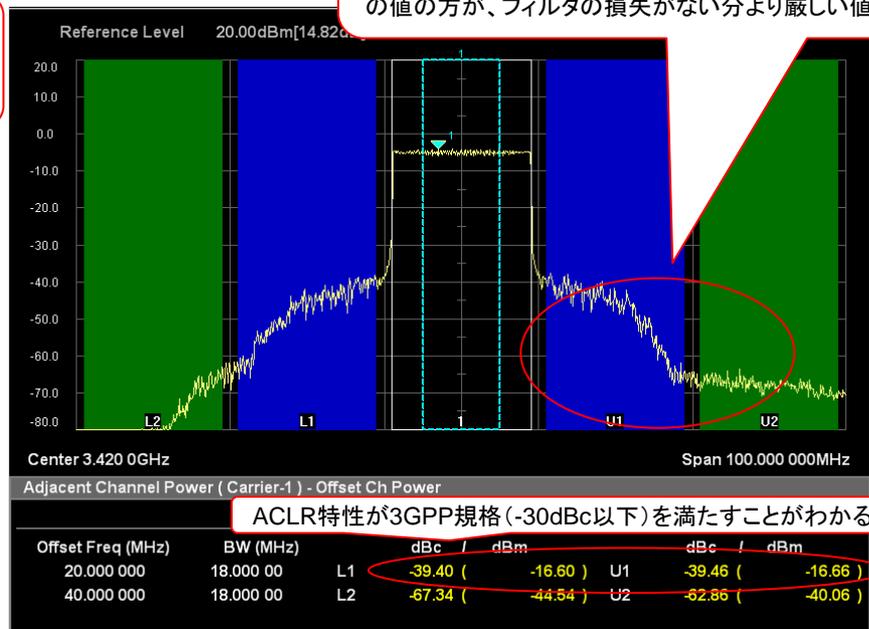


図7 送信機の入出力特性(LTE送信時)

フィルタ1の帯域上端3.47GHzまでなら、フィルタの減衰部分が含まれないので、隣接CH近傍のデバイスの実力値として取り扱うことも可能。尚、PA単体の値の方が、フィルタの損失がない分より厳しい値



ACLR特性が3GPP規格(-30dBc以下)を満たすことがわかる。

図8 送信機の隣接CH漏洩電力(ACLR)特性(LTE送信時)

# 今後の予定

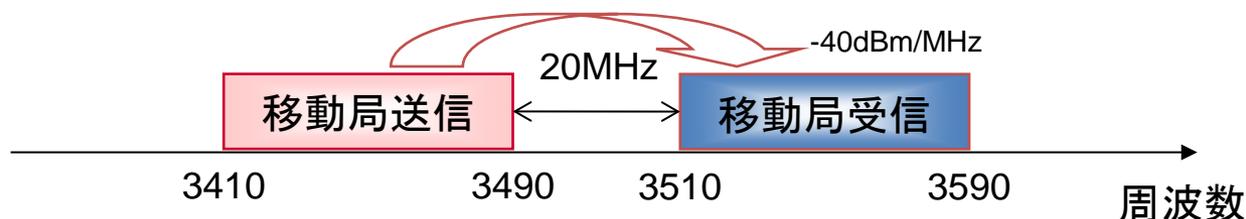
- フィルタ単体および送信機(アンプ+フィルタ)評価
  - 未実施項目を継続実施
  - 2月完了予定
- スケジュール

スケジュール	1月	2月	3月
実施内容		フィルタ単体評価 アンプ単体評価 送信機(アンプ+フィルタ)評価	

# 第4世代携帯電話 (IMT-Advanced) 移動局間干渉の実験的評価

# 移動局間干渉の実験的評価の概要(1)

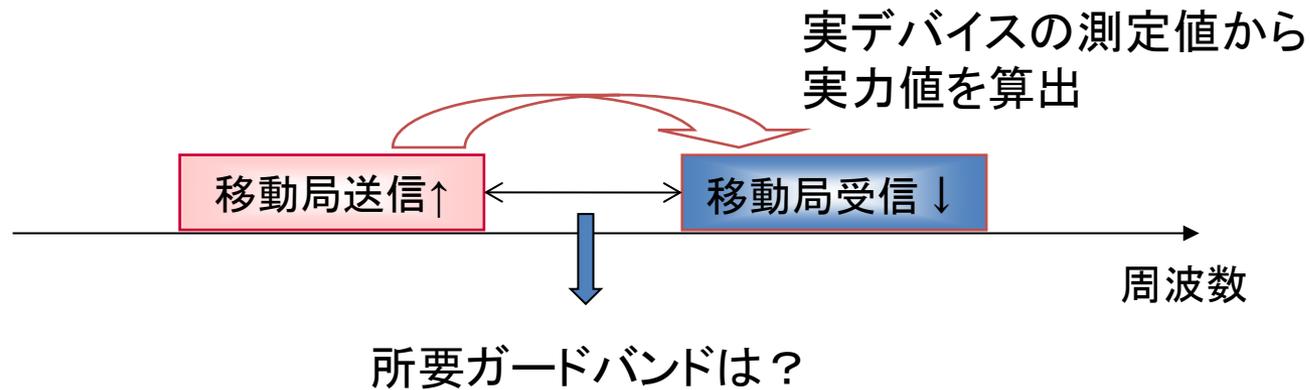
- 3GPPの3.5GHz帯FDDバンドプラン(上り/下り帯域各80MHz、ガードバンド20MHz)で規定される受信帯域の保護規格(-40dBm/MHz)を仮定すると、移動局干渉について、共用可能との結論



- 一方、上記保護規格を考慮しないで、一般のACLR規定やスプリアス発射規定(3GPP仕様値)を考慮した場合は、以下の結果
    - 20MHzの送信チャネル帯域幅 → ガードバンド幅25MHzが必要
    - 40MHzの送信チャネル帯域幅 → ガードバンド幅45MHzを設けても、所要改善量約4 dBが残存
- ➡ この机上検討結果は、TDDの事業者間非同期運用の場合を含め、一般的な移動機間干渉のためのガードバンドの条件となる

## 移動局間干渉の実験的評価の概要(2)

- 3.5GH帯の移動局実デバイス(アンプ)を試作したことから、3GPP仕様値ではなく、実デバイスのスプリアスの実力値を考慮した共用検討(モンテカルロ・シミュレーション)を行い、ガードバンド低減の可能性について評価



# 試作したデバイスのACLRの実力値

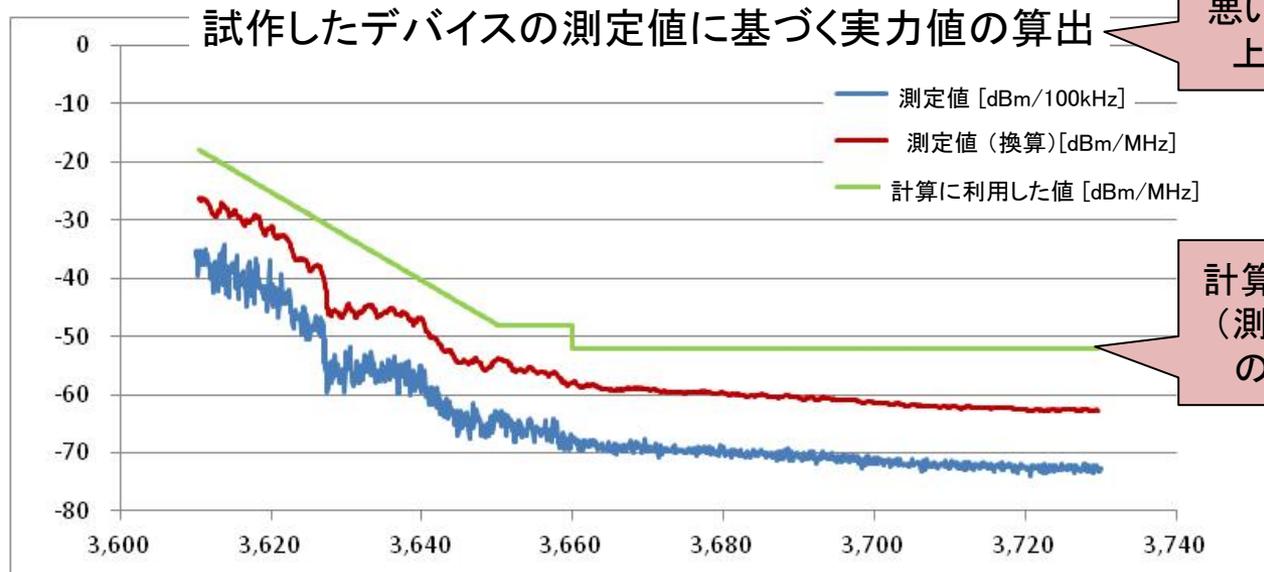
ACLR <sub>LTE</sub> (dBc)		20 MHz幅チャンネル送信時			40 MHz幅チャンネル送信時		
		3400MHz	3500MHz	3600MHz	3400MHz	3500MHz	3600MHz
23 dBm 送信	下側	-38.96	-42.51	-39.56	-32.25	-33.33	-30.18
	上側	-41.42	-40.77	<u>-38.79</u>	-35.15	-31.32	-29.27
22 dBm 送信	下側	-	-	-	-33.83	-36.27	-33.99
	上側	-	-	-	-38.71	-34.52	-32.40
21 dBm 送信	下側	-	-	-	-35.67	-38.44	-37.51
	上側	-	-	-	-42.84	-38.06	<u>-34.93</u>

赤字: 実力値を考慮の際に使用した条件

## 【赤字の選定根拠】

- ACLR<sub>LTE</sub>の規格値(-30dBc)に対し、アンプ単体の測定値であることからフィルタ変動(劣化)を考慮して3dBのマーヅン、すなわち-33 dBc以下を満たすことを条件とする。
- さらに、ACLR<sub>LTE</sub>=-33dBcを満たすため、最大送信電力の低減も考慮して、測定中心周波数の上側、下側のACLR値中からワーストケースを選定

# 想定した実力値、及び共用検討結果 (20MHzチャンネル幅送信時)



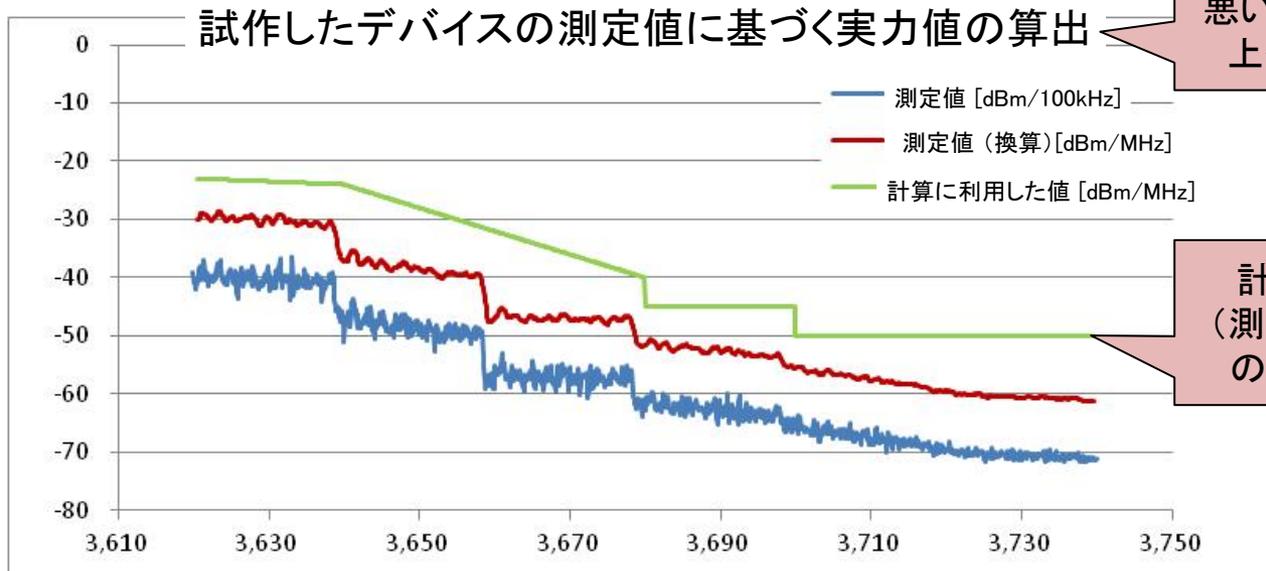
ACLRの測定結果が悪い3600MHz帯の上側領域で評価

計算に利用した実力値 (測定値から5dB程度のマージンを考慮)

GB	所要改善量 (dB)	
	帯域内干渉	帯域外干渉
0 MHz	6.89	-1.03
5 MHz	2.74	-1.44
8 MHz	0.77	-1.16
9 MHz	0.57	-0.60
10 MHz	-1.08	-1.51

GB 10MHzで  
共用可能

# 想定した実力値、及び共用検討結果 (40MHzチャンネル幅送信時)



ACLRの測定結果が悪い3600MHz帯の上側領域で評価

計算に利用した値 (測定値から5dB程度のマージンを考慮)

GB	所要改善量 (dB)	
	帯域内干渉	帯域外干渉
0 MHz	8.87	2.07
20 MHz	3.93	-9.89
25 MHz	2.86	-8.93
28 MHz	1.34	-9.21
29 MHz	0.00	-10.15

GB 29MHzで  
共用可能

## まとめ

- 試作した移動局アンプを用い、測定されるACLR値が所要の規定値を満たしつつ、最悪となる条件におけるスプリアス測定値から、マージンを考慮して、実力値を設定
- 上記実力値に基づき、モンテカルロ・シミュレーションによる移動局間干渉の影響をガードバンド幅をパラメータにして評価
- 結果、以下の結論

送信チャネル帯域幅	所要ガードバンド幅	
	実験的検討	(参考)机上検討
20 MHz幅	10 MHz	25 MHz
40 MHz幅	29 MHz	45 MHzでも 所要改善量約4dBが 残存